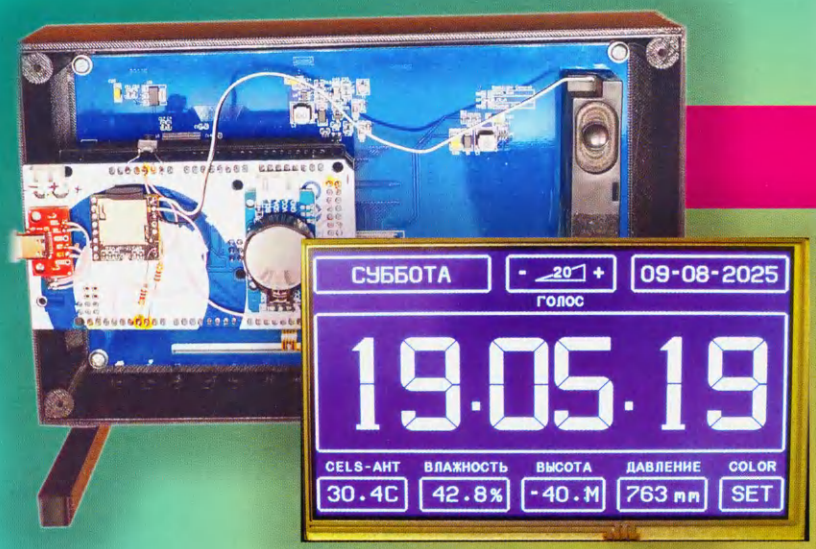
www.radio.ru

11•2025

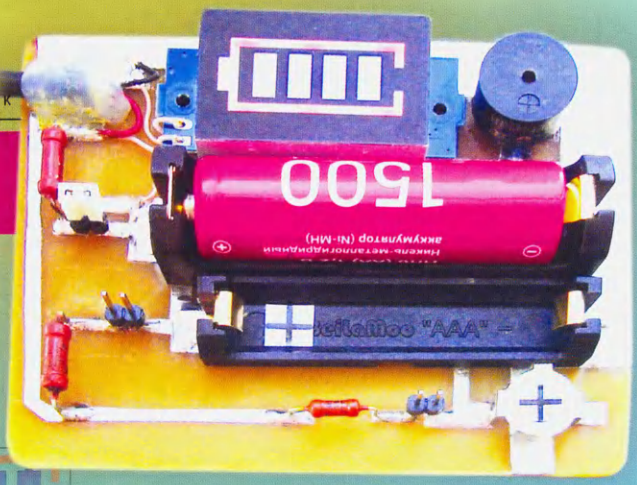
РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ



ЧАСЫ–МЕТЕОСТАНЦИЯ–2

ПРОСТЫЕ ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА



ISSN-0033-765X

- *Декоративная подсветка часов*
- *Новая жизнь магнитолы*
- *Полумостовой ИИП*
- *Ёлка-гирлянда на светодиодах WS2812B*

...и ещё 5 конструкций

11
2025

КНЯЖИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ КРЕСТНЫЙ ХОД

Борис ШИКЛО (RM9M), г. Омск

(см. статью на с. 55)

Крестный ход.

Работа CW QRP.

RM9M в селе Екатериновка.

rus-elektronika.ru

ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная ВЫСТАВКА-ФОРУМ

Организатор:

Международная Выставочная Компания

Официальная поддержка:

Минпромторг России

Партнеры:

БАЗИС

АКРП
Консорциум дизайн-центров

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД

+7 (812) 401 69 55,
electron@mvk.ru

В НОМЕРЕ:

ИНФОРМАЦИЯ НАШИМ АВТОРАМ 54

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Что в голове? 4
Я. БЛАГУШИН. О влиянии на организм человека продолжительных доз СВЧ-излучения небольшой мощности (по материалам зарубежной прессы) 8

РАДИОПРИЁМ 11

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 11
Х. ЛОХНИ. Новый УВЧ-УПЧ для приёмников "Океан-209" и Selena 14

ЗВУКОТЕХНИКА 24

В. ПЫШНОВ. Новая жизнь магнитолы 24

ИЗМЕРЕНИЯ 28

А. КУЗЬМИНОВ. Вольтметр действующего и средневыпрямленного значений напряжения в звуковом диапазоне частот с цветным дисплеем и батарейным питанием 28

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 34

А. ЮДИН. Полумостовой ИИП с резонансной коммутацией ключей и ШИ-регулированием 34
А. ДЫМОВ. Блок питания с фазовым регулятором 39

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 44

В. РУБАШКА. Декоративная подсветка кварцевых стрелочных часов 44
В. КИБА. Цифровые часы—метеостанция с сенсорным управлением—2 48

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО 51

А. ЧЕЧНЕВ. Из истории отечественного телевидения 51

РЕМОНТ 53

А. ШУМИЛОВ. Необычный способ ремонта тонометра OMRON MX2 Basic 53
И. АНДРИАНОВ. Ремонт разъёма блока питания ноутбука Asus Eee PC4G 54

"РАДИО" — О СВЯЗИ 55

Б. ШИКЛО. Княжий автомобильный крестный ход 55

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 57

И. НЕЧАЕВ. Простые зарядные устройства на основе индикатора напряжения 57
Д. МАМИЧЕВ. Модернизация ёлки-гирлянды на светодиодах WS2812B 60
Р. СЕРГЕЕНКО. Викторина "Платы расширения Seeed Studio" 63

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 13, 43).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 38, 56, 4-я с. обложки).

На нашей обложке.
- Цифровые часы—метеостанция с сенсорным управлением—2 (см. статью на с. 48).
- Простые зарядные устройства на основе индикатора напряжения (см. статью на с. 57).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

РЕГУЛИРУЕМЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ТОКА
ИЗОЛИРОВАННЫЙ ДРАЙВЕР 1 WIRE
ОТКЛЮЧАЕМ АВТОМОБИЛЬНОЕ ЗУ
РЕМОНТ УСИЛИТЕЛЯ PIONEER

Тираж журнала «Радио» № 10 сдан для рассылки подписчикам 06.10.2025 г.

ЖУРНАЛ

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770201001

Цена одного номера журнала 2026 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции — 550 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 4080 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 7200 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 4200 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	150 руб.	250 руб.	800 руб.
2022	1—9, 11—12	200 руб.	300 руб.	800 руб.
2023	3—4, 7—12	420 руб.	520 руб.	800 руб.
2024	1, 3, 5—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.
2026	1—6	550 руб.	680 руб.	1200 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

Подписка на ПОЧТЕ РОССИИ

Подписка через КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ

Журнал "Радио" в интернет-магазине OZON

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

11•2025

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ГЛИБИНА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-87-39
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.10.2025 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2025. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 02806-25 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINeT

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

Что в голове?

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Человеческий мозг — великолепная штука. Он работает до той самой минуты, когда ты встаёшь, чтобы произнести речь".

Марк Твен

Залезть к кому-нибудь в голову с определёнными целями — занятие, культивируемое различным менеджментом с незапамятных времён. Однако сделать это непосредственно с помощью интерфейса человеческий мозг—компьютер (BCI — Brain-Computer Interface) удалось лишь во второй половине прошлого века. Первая публикация о BCI с изложением идеи о коммуникации между человеком и машиной с анализом электроэнцефалограммы (ЭЭГ) появилась в 1973 г. А примерно через десять лет появились публикации о помощи парализованным людям с описанием принципиальной схемы BCI. В 90-е годы тема становится всё более известной, особенно с появлением технологий машинного обучения, позволяя всё дальше проникнуть в глубины мышления и основы здоровья.

Средства непосредственной коммуникации мозг—компьютер разрабатывают, конечно, не только ради упрощения повседневной жизни геймеров или сотрудников распределённых офисов. Пример Стивена Хокинга показывал, что пока человек сохраняет способность управлять хотя бы одной мышцей своего тела, даже при актуальном уже два-три десятилетия уровне развития технологий, для него вполне реальны объёмные коммуникации и с компьютером, и с другими людьми. Нередки случаи и полного двигательного паралича, когда сознание остаётся ясным, а средств для взаимодействия с внешним миром у него попросту нет. Дать таким пациентам шанс снова пообщаться с близкими, вернуться к полноценной хотя бы умственной деятельности — задача более чем благородная.

В наши дни лидеры рынка MedTech пока не обещают бессмертия, но могут существенно улучшить качество жизни. Инвесторы в этом их поддерживают. В 2024 г. венчурные фонды вложили 27,7 млрд долл. в развитие приложений BCI — на 4,2 млрд больше, чем в предыдущем году. Часть этих денег пошла на разработку систем с BCI, которые расшифровывают сигналы мозга и переводят их в команды для внешних устройств.

Разумеется, BCI имеют разные воплощения и, к примеру, классифицируются по процессу инициации:

— активные BCI — пользователь инициирует команду безусловно;

— реактивные BCI — пользователь инициирует команду в ответ на воздействие системы;

— пассивные BCI — пользователь не даёт команду, но система считывает и анализирует его состояние.

Нейроимпланты можно разделить по степени инвазивности (от лат. invado — вторгаться),

т. е. по уровню проникновения через естественные внешние барьеры организма:

— инвазивные (вживлённые электроды и т. п.);

— неинвазивные (ЭЭГ, NIRS и др.).

NIRS (Near-Infrared Spectroscopy) — это ближняя инфракрасная спектроскопия или метод визуализации мозга, который используется для измерения изменений уровней насыщенного кислородом и дезоксигенированного гемоглобина в мозге. Изучая результаты применения NIRS, исследователи установили, что эти наблюдаемые изменения оксигенации крови напрямую коррелируют с изменениями в мозговой активности. Приборы для NIRS состоят из источника излучения, фотосенсора (оптода), блока регистрации излучения, преобразователя и компьютерного модуля.

Как и ожидалось, основное ограничение инвазивных методов заключается в проблеме биосовместимости. Из-за защитной реакции иммунитета мозг отторгает вживляемые электроны. А раз так — падает качество сигнала, а нервная ткань вокруг места имплантации отмирает.

Клинические приложения BCI — особая тема. У медиков свои подходы и методы, да и безвыходная ситуация, в которой порой находятся парализованные пациенты, делает допустимыми весьма изощрённые инвазивные решения. С точки же зрения более повседневных нужд и запросов широкой аудитории интерфейсы мозг — компьютер должны соответствовать трём простым требованиям:

— обеспечивать чувствительное и достоверное измерение показателей активности головного мозга пользователя неинвазивным способом;

— замерять именно те показатели активности мозга, которые пользователь уверенно и с высочайшей систематичностью контролирует;

— преобразовывать полученные замеры в достоверно интерпретируемые сигналы для управления цифровыми системами и/или для коммуникаций с другими людьми.

На практике решение всех трёх приведённых выше задач разом представляет собой сложнейшую инженерно-медицинскую проблему. Ещё в XX веке, когда только начинала развиваться электроэнцефалография, кое-кто воспринимал первые несуразные шлемы, опутанные проводами и подключённые к огромным жужжащим машинам с бобинными самописцами, чуть ли не как устройства для чтения мыслей. Достаточно быстро выяснилось, что измеримые значения (напряжения, токи) электрических сигналов настолько невелики, а процесс мышления настолько сложен (в смысле числа вовлечённых в него нейронов) и нелинеен, что найти взаимное соответствие между даже простейшими отвлечёнными мыслями (уровнем выше "я голоден" или "нога болит") и сколько-нибудь характерным рисунком замеряемых с помощью энцефалографа потенциалов не представлялось возможным.

Тем не менее, современный уровень развития нейрофизиологии и нейрохирургии уже позволяет рассматривать прямое соединение мозга и компьютера как вполне реалистичную задачу. Пока что, впрочем, возможность незрячим видеть, парализованным ходить, а геймерам непосредственно погружаться в виртуальные миры, далека от общедоступной реализации. Медики не уверены в достаточной зрелости предлагаемых технологий. Однако же появились успехи.

В частности, в конце 2021 г. австралийский пациент с боковым амиотрофическим склерозом (БАС) стал первым человеком, отправившим текстовое сообщение через Twitter посредством нейроимпланта. По сегодняшний день он продолжает использовать систему для восстановления связи с семьёй и коллегами по работе.

Однако помимо реализации BCI, важно понимать, что химизм мозга чрезвычайно сложен, в различных его структурах, что отвечают за разные функции, нейроны используют одни и те же нейромедиаторы. В этом нейрофизиологи уже довольно хорошо разбираются, понимая, к примеру, что при лечении шизофрении с использованием мезолимбического метода нужно снижать уровень дофамина, а когда задействуется мезокортикальный — повышать (для достижения того же самого терапевтического эффекта). Если же сразу поднять концентрацию дофамина во всех структурах мозга, это не только не улучшит состояние пациента, но и спровоцирует целый ряд и двигательных нарушений, и тех же шизофренических симптомов. И таких тонкостей в работе центральной нервной системы множество, если не учитывать их все, управлять сознанием через компьютер с помощью вживлённого в голову чипа — способного в лучшем случае влиять на распространяющиеся по аксонам электрические сигналы, но не на выделение и связывание нейромедиаторов — ничего не выйдет.

В общем, практическая реализация инвазивных BCI в обозримое время вряд ли возможна, по крайней мере, вне лабораторных стен и в приложении к людям. Значит, есть смысл направить максимум усилий на создание неинвазивных, по большей части полагающихся на фиксацию и интерпретацию электрических сигналов, излучаемых мозгом. Да, это ограничит сферу разрабатываемых интерфейсов, превратив её, образно говоря, в полусферу только от мозга к компьютеру, но не наоборот. Зато чувствительность современной аппаратуры уже настолько высока, а вычислительные мощности компьютеров вполне достаточны, чтобы на фоне общей мозговой активности уверенно выделять те или иные достаточно специфические сигналы.

Речь, прежде всего, идёт об электрических потенциалах, связанных с волевыми мышечными сокращениями (VMRP — Voluntary Movement-Related Potentials, другое распространённое наименование — связанные с движениями потенциалы коры головного мозга MRCP — Movement-Related Cortical Potential). Для их измерения подходят существующие средства поверхностной ЭЭГ.

Принцип действия BCI в этом случае подразумевает обучение системы распознавать мозговую активность оператора, связанную с выполнением тех или иных простейших движений. Например, со сгибанием указательного пальца. Исследователи рапортуют, что уже вполне реально достигать приемлемого минимума ложных срабатываний (в обе стороны — и ложноположительных, и ложноотрицательных) при компьютерной идентификации этого жеста для конкретного оператора.

Это вовсе не значит, будто у всех людей мозги, отдавая команду на совершение одного и того же действия, работают принципиально по-своему. Но индивидуальная изменчивость довольно высока, и её обусловливают физиологические и психологические особенности — относительные величины различных отделов мозга, разные толщины черепных коробок, различные интенсивности параллельных мыслительных процессов, которые подразумевают соответствующую настройку. В настоящее время существует целый ряд проектов в сфере BCI.

Основанная в 2016 г. Neuralink — одно из детищ Илона Маска, о которой уже шла речь на страницах журнала. Разработан микрочип, который присоединяется к коре головного мозга с помощью 1,5 тыс. ультратонких электродов. Планируется, что операции по вживлению будут проводить роботы-нейрохирурги. За ухом пациента

закрепляется капсула-приёмник размером с монету, которая позволяет управлять любыми устройствами с помощью мозговых импульсов. В начале 2024 г. американец Нолан Арбо стал первым участником клинического испытания Neuralink. Парализованный из-за несчастного случая мужчина вновь смог пользоваться гаджетами, теперь — с помощью "силы разума".

Разработки Neuralink помогут людям с неврологическими заболеваниями контролировать гормоны и тревожность, а также эффективнее использовать мозг. Основная задача — избавить человеческий мозг от ограничений, накладываемых на него природными интерфейсами. Включая хрупкость периферийной нервной системы, повреждения которой как раз и ведут к параличам, а также эволюционно обусловленную узость восприятия. К примеру, у северных оленей есть ультрафиолетовое зрение, летучие мыши слышат ультразвук. А чем мы хуже?

В перспективе Neuralink намеревается предоставить каждому возможность по собственной воле превратиться в открытую платформу для киборгизации, обеспечив прямой доступ к структурам его мозга самым разнообразным внешним интерфейсам, в том числе и компьютерным. Носитель универсальной BCI-платформы сможет расширять горизонты своего восприятия окружающего мира и/или коммуникации с компьютерными системами по мере необходимости.

Расширение горизонтов с помощью Neuralink, уверен основатель компании, позволит бороться с ожирением и депрессией, поскольку они, как утверждает масса интернет-коучей, порождены во множестве случаев неправильным образом мыслей, так почему бы просто не локализовать эту когнитивную установку в виде определённого набора электрических импульсов внутри мозга и не деактивировать её программно вместо того, чтобы долго и нудно заниматься аутотренингом пополам с самомотивацией.

Телепатия, говорит Маск, станет повседневной практикой. Всего-то нужно будет передать по доступным каналам коммуникаций зафиксированную одним BCI мысль на вход другого. В перспективе запись и воспроизведение сновидений, создание резервной копии собственных воспоминаний и непосредственное переживание чужих также не должны представлять ни малейшей проблемы для столь развитой технологии (скорее всего, не завтра).

Компания Blackrock Neurotech развивает систему для борьбы с параличом и неврологическими расстройствами. Основное устройство Utah Array — имплантируемый электрод, который позволит управлять компьютерами и протезами. Помимо создания электрода, Blackrock Neurotech вложилась в разработку программного обеспечения для искусственного интеллекта (ИИ) и пространственных вычислений. В 2024 г. криптовалютная компания Tether инвестировала 200 млн долл. в Blackrock Neurotech и выкупила контрольный пакет акций. Это позволит компании масштабировать технологии по реабилитации парализованных людей.

В 2021 г. компанию Precision Neuroscience основал соучредитель Neuralink Майкл Магер. Флагманская система Layer 7 Cortical Interface представляет собой электродную решётку, напоминающую скотч. По словам разработчиков, такая форма соответствует поверхности мозга и не повреждает мягкие ткани при внедрении. В ходе исследования систему протестировали на трёх пациентах, которым ранее удалили опухоли в мозгу. Если испытания пройдут по плану — пациенты с тяжёлыми заболеваниями смогут частично восстановить способность общаться и выполнять простейшие действия на компьютере.

В кардиологии для лечения ишемической болезни сердца пациентам внедряют стенты. Аналогичные устройства разработчики компании Synchrone использовали как нейроимпланты. В крупные вены вводят систему электродов, которые проходят вдоль стенок мозга и не мешают кровотоку. Этот метод позволяет избежать открытой операции на мозге и снимает проблему биосовместимости. Однако у него есть минус — низкое качество сигнала. Цель компании — дать людям с ограниченной подвижностью рук возможность управлять электронными устройствами "силой мысли". Если получится доработать метод, реализация технологии в ближайшее время выглядит наиболее реалистично среди других проектов BCI.

Главная отличительная черта изделий компании Inbrain Neuroelectronics — использование графена в производстве чипов. Графен — углерод с высоким уровнем электропроводимости. Это делает материал стабильнее для стимуляционных импульсов. По заявлению разработчиков, такие чипы будут меньше платиновых, что позволит увеличить число подключённых электродов. Сейчас технологию тестируют на крупных животных.

Компания Forest Neurotech and Butterfly Network разрабатывает устройство для визуализации мозга пациента и стимуляции мозговой деятельности с помощью ультразвука. Метод позволит воздействовать на нейроны с высокой пространственной точностью. Однако технология тоже инвазивная. Пациентам будут вживлять под череп стимулятор — это единственный способ, чтобы кость не мешала прохождению звука. Если разработка пройдёт испытания, это откроет новые возможности для исследований в области лечения психиатрических и когнитивных расстройств.

Компания LivaNova разрабатывает технологию лечения резистентной депрессии и эпилепсии. Предполагается, что под кожу возле груди будут имплантировать небольшое устройство и подключать к блуждающему нерву в области шеи. Через него в мозг будут поступать слабые импульсы, которые помогут предотвратить или остановить приступы.

Prima — разработка компании Макса Ходака из Science Corporation, бывшего коллеги Маска по Neuralink. Система состоит из проекционного устройства и маленького импланта под сетчаткой глаза, который посылает на устройство сигналы и стимулирует сетчатку. В октябре 2024 г. компания завершила клинические испытания на 38 пациентах. Результаты показали заметное улучшение остроты зрения.

Одноимённая технология компании BrainPort позволяет вернуть зрение с помощью электрической стимуляции языка. Оказывается, на языке находится много рецепторов и нервных окончаний, через которые можно передать в мозг разную информацию. Воздействия нескольких электродов на язык оказалось достаточно, чтобы человек начал различать крупные объекты. Также технология оказалась эффективной в восстановлении ходьбы после инсульта. В России этим методом занимается компания RehaLine, которая применяет BrainPort для лечения ДЦП, Паркинсона и других когнитивных расстройств.

Основатель и директор Valve и платформы Steam Гейб Ньюэлл создал стартап Starfish Neuroscience, подход которого отличается от реализации Neuralink. В частности, инженеры Starfish нацелены работать одновременно с несколькими участками мозга, а не с одним, как это делает Neuralink. Последние медицинские работы в сфере изучения нейродеградации мозга тоже указывают на то, что проблему нельзя устранить или смягчить, воздействуя только на один локальный участок нервной ткани, где установлен имплантат. Более того, если воздействие на мозг

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

рассредоточить, это открывает путь к более компактным имплантатам с ощутимо меньшим потреблением энергии, а это решает задачу поддержки питания датчиков в голове.

Более десяти лет назад штатные психологи Valve изучали биологическую реакцию людей на видеоигры. Работа вылилась в разработку датчиков для мочек ушей — своеобразное дополнение к гарнитуре виртуальной реальности, создаваемой тогда в компании. Позже, в 2019 г., компания впервые озвучила идею интерфейса мозг—компьютер для игр. Тогда же была организована компания Starfish Neuroscience, чтобы начать воплощать мечту в реальность.

Первый чип для заявленных целей пока не станет полноценным мозговым имплантатом. Это будет специальный электрофизиологический чип, предназначенный для записи активности мозга. Эту активность можно расшифровывать и соотносить с теми или иными пожеланиями носителя (похоже, как это делает чип Neuralink). По словам специалистов Starfish, у компании уже есть возможность питать такой чип и устанавливать его или элементы платформы в голову человека.

Цель компании состоит в том, чтобы создать имплантат меньшего размера и с меньшей инвазивностью, чем у конкурентов. Этот имплантат должен обеспечивать одновременный доступ к нескольким областям мозга вместо одной. При этом он не должен требовать питания. О спецификациях чипа известно следующее:

— низкая потребляемая мощность, общее энергопотребление — 1,1 мВт при обычной записи;

— физические размеры — 2×4 мм, шаг BGA (расстояние между центрами соседних шариков припоя) — 0,3 мм;

— способность записывать спайки (импульсы) и локальные полевые потенциалы, а также стимулировать мозг (бифазные импульсы);

— архитектура содержит 32 электрода, 16 каналов одновременной записи на частоте 18,75 кГц и один источник тока для стимуляции произвольных пар электродов;

— мониторинг внутреннего сопротивления и измерение переходных процессов в стимулирующем напряжении;

— встроенная цифровая обработка данных и обнаружение пиков, чтобы работать через беспроводные интерфейсы с низкой пропускной способностью.

Цифровая обработка данных на борту и обнаружение скачков напряжения позволяют устройству работать через беспроводные интерфейсы с низкой пропускной способностью. Чип изготовлен компанией TSMC по 55-нм техпроцессу. Для сравнения, у Neuralink N1 1024 электрода на 64 имплантированных в мозг нитях потребляют (по данным 2019 г.) около 6 мВт. Чип Neuralink содержит аккумулятор, а размеры имплантата составляют 23×23×8 мм. Чип Neuralink уже установлен трём пациентам и показал нестабильность положения датчиков, поскольку тонкие нити имеют тенденцию к смещению в процессе движений человека.

Данные можно фильтровать, каналы можно исключать для экономии полосы пропускания, а интерфейсы связи достаточно гибкие, чтобы поддерживать простую интеграцию с большинством микроконтроллеров. Также активно разрабатывается миниатюрная маломощная электроника для надёжной и устойчивой передачи энергии и данных через ткани. Ожидается, что первые чипы Starfish появятся в конце 2025 г. Компания заинтересована в поиске партнёров, которые уже работают в таких областях, как беспроводная передача энергии и связь, или тех, кто разрабатывает индивидуальные имплантируемые нейронные интерфейсы.

Между тем, Neuralink в апреле открыла приём заявок на вживление чипов в мозг среди кандидатов по всему миру. В рамках проекта Prime Neuralink оценит безопасность импланта и хирургического робота, а также первоначальную функциональность интерфейса мозг—компьютер, позволяющего людям с параличом всех четырёх конечностей (квадриплегия) управлять внешними устройствами. Исследование предусматривает размещение небольшого импланта в части мозга, которая контролирует движения. Устройство предназначено для интерпретации активности нейронов человека, чтобы он имел возможность управлять компьютером или смартфоном "силой мысли".

Добавим, компания Starfish также работает над термальными пушками для уничтожения опухолей внутри тела человека с помощью точного локального повышения температуры. Кроме того, она разрабатывает методы транскраниальной магнитной стимуляции с роботизированным управлением для лечения неврологических заболеваний, таких как биполярное расстройство и депрессия.

Что в итоге? Борьба за мозги граждан разгорается в буквальном смысле этого слова. После первых экспериментов с BCI прошло не так много лет, и вот уже сообщения СМИ пестрят от появления новых и новых проектов в этой области. Причём сфера BCI требует миллиардных вложений — и получает их, потому что цели слишком интересны, хотя ещё вчера были во многом невероятны. Эффект от успешного применения нейроимплантов может кардинально изменить представление о медицине и возможностях человека. Остаётся решить проблему биосовместимости, а для этого сделать технологию безопасной даже на уровне исследований. Пока не всё получается, но темпы общего развития всего, что связано с BCI, внушают оптимизм.

Как всегда, у медали есть две стороны. Можно вспомнить, что внедрение анаболических стероидов было вызвано идеями о лечении заболеваний, истощённых организмов и для восстановления тел. Однако позже технология, которая должна была помогать людям с дефицитом мышечной массы, стала использоваться для расширения границ человеческого организма. Эти границы теперь мы видим в телевизоре, а медики — в больницах.

Или вот ноотропные препараты, направленные на лечение болезней, таких как болезнь Альцгеймера, тоже можно использовать для того, чтобы нормальный человек повысил свой когнитивный потенциал. Но до какого предела последний будет повышаться, и к чему это может привести в медицинской части? С одной стороны, известно, как многие государства относятся к препаратам для расширения сознания. С другой — могут появиться киборги с нейроимплантами, с которыми будут заниматься как нейрохирурги, так и какие-нибудь киберпсихологи.

На стареющую человеческую цивилизацию надвинулась тень болезней, начиная с Альцгеймера и Паркинсона. Стимуляция мозга с помощью имплантатов обещает помочь с их лечением, как и потенциально способна решить множество проблем с болезнями мозга. Наконец, BCI — это следующий уровень компьютеризации со всеми вытекающими преимуществами.

О рисках каждый может задуматься самостоятельно.

По материалам
https://clck.ru/3MKhyw,
https://clck.ru/3MKiBr,
https://clck.ru/3MKi4n,
https://clck.ru/3MKi6P,
https://clck.ru/3MKi7i,
https://clck.ru/3MKi9B,
https://3dnews.ru/1123384/geyb-nyuell-gotovitsya-zalezt-k-nam-v-golovi-on-skoro-vipustit-mozgovoy-implantat

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

О влиянии на организм человека продолжительных доз СВЧ-излучения небольшой мощности

(по материалам зарубежной прессы)

Я. БЛАГУШИН, канд. физ.-мат. наук, г. Санкт-Петербург

Выход детекторного приёмника был нагружен на микроамперметр М42009 (ток полного отклонения — 10 мкА, сопротивление рамки — 8 кОм), параллельно которому были подключены конденсатор фильтра С1 и резистор R1, чтобы не скапливалось статическое электричество, когда микроамперметр отсоединён. Антенна с диодами, конденсатором фильтра и резистором смонтированы на одной печатной плате (СВЧ-головка, **рис. 2**), которая находится на расстоянии 115 мм от рефлектора (лист меди размерами 0,5×240×200 мм, прочно приклеенный на тонкую фанеру) и от которой идут провода к измерительной головке. Автор также сделал немного более сложный трёхдиапазонный вариант СВЧ-головки на частоты 1,85, 2,6 и 3,65 ГГц (**рис. 3**). В обоих вариантах типоразмер резистора — 0603, конденсатора — 0402. Кроме того, в трёхдиапазонном варианте установлен дополнительный резистор $R_д$ сопротивлением 1,5 кОм типоразмера 1206. Плату однодиапазонного варианта можно укоротить до границ диполя, если вместо двух точек крепления сделать одну в середине, прикрепив плату с помощью надёжного клея. Пайка производилась обыкновенным низковольтным паяльником с заземлённым жалом на антистатическом коврике.

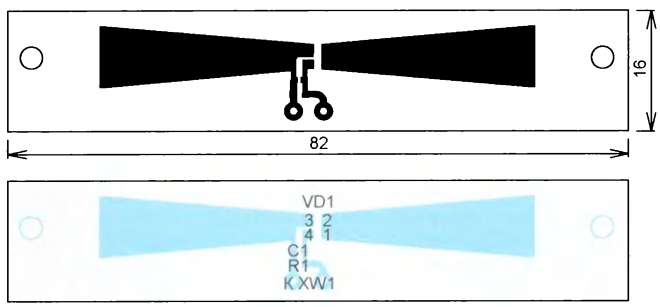


Рис. 2

Антенна с СВЧ-головкой трёхдиапазонного варианта показана на **рис. 4**. Длина деревянных стоек — 115 мм, диаметр — 10 мм. Однодиапазонный вариант монтируют аналогично или с помощью только одной деревянной стойки, закреплённой по центру, вдоль которой идёт сигнальный экранированный провод (при использовании укороченной платы). Во всех случаях плату головки устанавливают так, чтобы диполь диапазона 2,6 ГГц оказался расположенным симметрично по отношению к центру рефлектора. Сам же рефлектор соединён с общим проводом, а также металлической ручкой, т. е. во время измерения человек может играть роль дополнительного "живого рефлектора". Практика показала, что это не критично и лишь немного улучшает направленные характеристики антенны. По оценкам автора, полное отклонение стрелки микроамперметра однодиапазонного варианта соответствует плотности потока энергии 5±3 мкВт/см^2 на частоте 2,6 ГГц. Вообще говоря, оценить чувствительность такого аналогового детектора СВЧ-излучения довольно сложно. С одной стороны, полное отклонение стрелки микроамперметра соответствует подводимой мощности около 1 мкВт. С другой стороны, использованный диполь далёк от идеальной модели абсолютно чёрного тела, и вычислять мощность, извлекаемую диполем из электромагнитного потока, простым умножением его площади на плотность потока энергии нельзя (это легко проверить, кратно уменьшив площадь диполя). Кроме того, свои потери вносят и СВЧ-диоды, а также рассогласование сопротивлений. Поэтому теоретическая оценка чувствительности такого прибора может быть только очень грубой. Чтобы уменьшить чувствительность, последовательно с головкой микроамперметра был включён переменный резистор 15 кОм, которым можно установить необходимый уровень ослабления.

По результатам измерений оказалось, что в довольно большом числе мест в Санкт-Петербурге на расстоянии 50...150 м от антенн мобильной связи уровень превышает разрешённые 10 мкВт/см^2. Например, у станции метро "Проспект Ветеранов" на площади, где установлен памятник Виктору Цою, измеренная плотность потока энергии СВЧ-излучения равна 330 мкВт/см^2 (**рис. 5**, вышки базовых станций мобильной связи находятся на расстоянии 100 м, за деревьями). Ближе к подземному переходу уровень начинает снижаться и на расстоянии 40...50 м падает, но всё ещё в 22 раза превышает норматив (**рис. 6**). На юго-западе Санкт-Петербурга, в Сосновой Поляне, в 50 м от двух вышек мобильной связи уровень равен 70 мкВт/см^2 (**рис. 7**). А в центре Санкт-Петербурга, у метро "Площадь Восстания", напротив Московского вокзала, даже после того, как демонтировали некоторое число СВЧ-антенн с фасада здания вокзала (несколько лет назад весь фасад был усеян СВЧ-антеннами) средний уровень всё ещё превышает норматив в несколько раз, причём на пиках плотность потока энергии СВЧ-излучения достигает 170 мкВт/см^2 (**рис. 8**). Конечно, необходимо учитывать, что оба использованных измерительных прибора не являются точными в строгом смысле слова (цифровой прибор BR16 не только не находится в

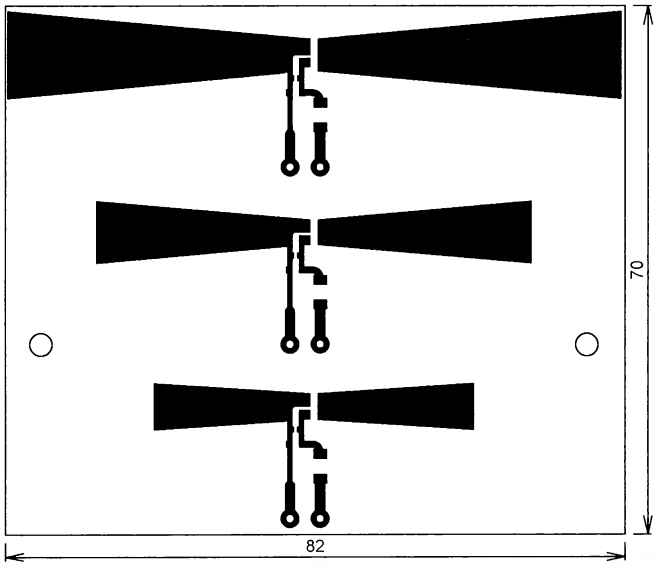
Окончание.

Начало см. в "Радио", 2025, № 10

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Госреестре, но и имеет большую ошибку измерения), поэтому делать окончательный вывод, основываясь только на их показаниях, конечно же, нельзя, однако оба прибора часто показывали заметное превышение над нормой. При этом нужно также учесть, что мощность излучения от базовых станций непостоянна и изменяется в зависимости от загрузки сети, поэтому показания постоянно менялись.

Более того, о похожей ситуации в других городах также писали некоторые СМИ. Так, ещё в 2021 г. о невозможности развивать беспроводные сети в Москве без превышения норматива в 10 мкВт/см^2 сообщалось в статье "Ведомостей" [18]. При этом, дабы соответствовать закону, предлагается увеличить максимально допустимую норму в СанПиНе в четыре раза. Причём увеличение максимальной плотности потока энергии до 40 мкВт/см^2 оправдывалось исследованием, проведённым по заказу департамента информационных технологий Москвы. В публикации "Ведомостей" не указывалось ни как называлось это исследование, ни было ли оно опубликовано в каком-либо научном издании, но из него следует, что "значительных изменений в состоянии животных (крыс) при воздействии излучения в 250 мкВт/см^2 не наблюдалось". Важно отметить, что это исследование длилось всего три месяца, в то время как даже американские [8, 9] конца 1950-х длились 14 месяцев, и на графиках работ [8, 9] хорошо видно, что через три месяца большинство эффектов ещё практически незаметны (находятся на уровне статистической погрешности). Как вообще можно говорить об отсутствии вреда здоровью все-



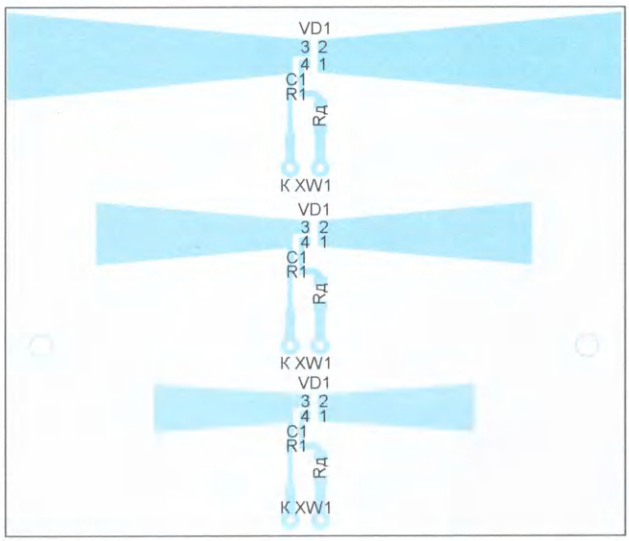


Рис. 3

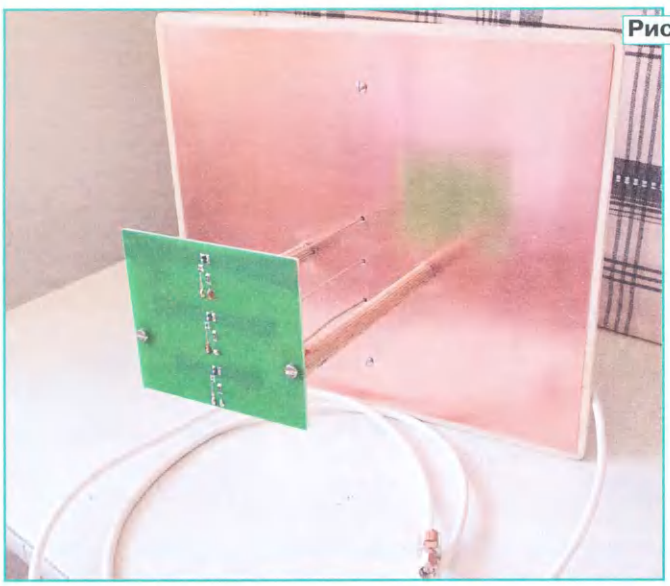


Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

Рис. 8

го после трёх месяцев опытов, когда люди проживают рядом с источниками СВЧ-излучения годами, а то и десятилетиями?

Рис. 7

Международное научное исследование [6], о котором писалось выше, длилось пять лет. Кроме того, что в точности кроется за фразой "значительных изменений в состоянии"? Какие изменения в состоянии организма являются значительными, а какие нет? В конце концов, странным образом в вышеупомянутой статье "Ведомостей" совершенно ничего не сказано о том, что ВОЗ признало СВЧ-излучение потенциально канцерогенным фактором для человека.

Очевидно, что в ситуации, когда у мобильных операторов есть конфликт интересов, обеспечить охрану здоровья граждан может только качественный государственный контроль, который, к сожалению, в нашей стране не всегда осуществляется. Государства многих стран в мире уже давно озаботились вопросом возможного вреда здоровью, причиняемого СВЧ-излучением. Так, например, во Франции, где автор проработал много лет, уже с начала нулевых существовала официальная рекомендация разговаривать по мобильному телефону, держа его у головы, суммарно не более шести минут в день, а в остальное время стараться использовать гарнитуру. Ещё более жёсткая рекомендация была в Великобритании уже в 2002 г.: "... пользоваться мобильным телефоном следует как можно меньше, и желательно, используя гарнитуру" [19], а в 2024 г. её дополнительно ужесточили: "...телефон во время использования должен находиться на удалении от тела, ... нужно использовать гарнитуру, звонки должны быть короткими" [20]. У нас же подобных официальных рекомендаций для населения со стороны государства, увы, очень долгое время не было. Только совсем недавно, в августе прошлого года, наше Министерство здравоохранения опубликовало 26-страничный документ [21], в котором на с. 12, 13 говорится: "Во время разговора рекомендуется держать телефон на удалении от головы, разговаривать по нему с помощью наушников или громкой связи... Предпочтительно использовать проводные наушники... При ношении мобильного телефона днём рекомендуется держать его подальше от тела и органов". Очень жаль, что у нас эти рекомендации появились только спустя двадцать с лишним лет после появления аналогичных рекомендаций за рубежом, и при этом они почему-то не касаются взрослых. Не повторяет ли наша страна всем хорошо известную и печальную историю с генетикой и кибернетикой? И это, не говоря о том, что у большинства людей уже сформировалась определённая культура использования мобильного телефона, и в одночасье они её не поменяют. Помимо этого, никакой рекламной кампании в СМИ этих рекомендаций Минздрава не было, и обычному человеку о них практически ничего неизвестно.

Автор, к слову, решил проверить, насколько мощным может быть излучение от его собственного смартфона, и был неприятно удивлён: при включённой передаче данных (4G включено, Bluetooth и Wi-Fi отключены, рас-

стояние около 200 м до базовой станции) на расстоянии чуть более сантиметра от нижнего края телефона Samsung Galaxy S10 плотность потока энергии СВЧ-излучения иногда более чем в 800 раз превышала нормы СанПиН (**рис. 9**). Можно ли при таких уровнях носить телефон в кармане или держать его у головы, как это делают многие из нас? При этом нужно принимать во внимание, что мощность, излучаемая телефоном, контролируется программно и может быть различной в зависимости от ситуации. Возникает вопрос, учитывают ли алгоритмы программного обеспечения смартфонов нормы разных стран, в частности российский СанПиН, когда смартфон работает в России?

Также вызывает большое разочарование отсутствие понимания опасности для здоровья бесконтрольной установки антенн базовых станций в непосредственной близости от жилых домов, больниц, детских садов, школ и домов творчества. За несколько лет измерений в Санкт-Петербурге автору ни разу не удалось встретить хотя бы одно официальное лицо, измеряющее мощность от СВЧ-антенн мобильных базовых станций вблизи жилых объектов. Автору также не удалось найти на официальных сайтах администрации Санкт-Петербурга никакой информации в явном виде, подобно тому, как это сделано в Брюсселе, о разрешённых уровнях излучения в городе. Более того, далеко не сразу автору удалось узнать, какой СанПиН сейчас действует в России и есть ли местные отличия от общефедеральных. Такая непрозрачность вызывает только сожаление. А ведь в том же г. Брюсселе администрация публикует у себя на сайте [17] даже распределение напряжённости электрического поля по операторам мобильной связи (например, Orange Belgium имеет право на 4,73 В/м, а Citymesh Mobile — только на

Рис. 9

4,01 В/м), а также отчёты различных экспертных организаций, занимающихся мониторингом электромагнитных излучений и развитием мобильных сетей [22]. В России, к сожалению, ничего подобного пока нет. Да, на наших государственных сайтах можно найти большое число ссылок на различные постановления и нормативы, но неспециалисту собрать это всё воедино и самостоятельно проанализировать практически невозможно. При этом никаких экспертных заключений о реально измеренных уровнях излучения, касающихся г. Санкт-Петербурга, автору найти вообще не удалось.

ЛИТЕРАТУРА

18. **Кодачигов В., Кинякина Е.** Нормы электромагнитного излучения могут увеличить. Ведомости, 29 января 2021 г. — URL: **https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/01/28/855872-normi-elektromagnitnogo** (08.05.25).

19. Do mobile phones cause cancer? (рус. "Являются ли мобильные телефоны причиной рака?"). Британский центр по исследованию рака, 5 декабря 2008. — URL: **https://web.archive.org/web/20090214153140/http://www.cancerhelp.org.uk/help/default.asp?page=5265** (08.05.25).

20. Radio waves: reducing exposure from mobile phones (рус. "Радиоволны: как уменьшить экспозицию от мобильных телефонов"). Министерство здравоохранения Великобритании, 4 февраля 2024. — URL: **https://www.gov.uk/government/publications/radio-waves-reducing-exposure/radio-waves-reducing-exposure-from-mobile-phones** (08.05.25).

21. Методические рекомендации по безопасному для здоровья детей и подростков использованию мобильного телефона. Министерство здравоохранения Российской Федерации, 28 августа 2024 г. — URL: **https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/067/691/original/1.pdf?1724852329** (08.05.25).

22. **Rolain Y., Beauvois V., Erzeel D., Hecq W., Lagroye I., Pollin S., Rebreanu L., Vanderstreaten J., Verschaeve L.** Rapport du comité d'experts sur les radiations non ionisantes. 2017—2018 (рус. "Отчёт экспертной комиссии о неионизирующих излучениях за 2017—2018 гг."), 2018. — URL: **https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/20180108_Radiation_report_2017_FR.pdf** (08.05.25).

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. С 1 сентября 2025 г. в г. Учалы началось вещание радиостанции "Радио DFM" на частоте 88,3 МГц (источник — URL: **https://rmg.ru/news/s-1-sentyabrya-k-seti-veshaniya-radio-dfm-prisoedinyaetsya-bashkirskij-gorod-uchaly** (24.09.25)).

ДНР. В Донецке радиостанция "Комсомольская Правда" сменила частоту. Вещание осуществляется теперь на частоте 98,2 МГц, RDS отсутствует (источник — URL: **https://vk.com/wall-212065317_14836?w=wall-212065317_14836** (24.09.25)).

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Калининградский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Родное радио" в п. Веселовка Черняховского р-на на частоте 91,8 МГц. Охват вещания радиостанции распространяется также на северо-восточную часть Калининградской области (источник — URL: **https://kaliningrad.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiokanala-rod-**

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

noe-radio-v-kaliningradskoy-oblasti/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F (24.09.25)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. и **САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**. С 1 сентября 2025 г. РТРС переводит трансляцию радиостанции Like FM в Санкт-Петербурге с частоты 104,8 МГц на частоту 98,1 МГц. Решение о замене частоты принял вещатель (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/translyatsiya-radiostantsii-layk-fm-v-sankt-peterburge-perekhodit-na-chastotu-98-1-mgts/** (24.09.25)).

С 8 сентября 2025 г. филиал РТРС "Санкт-Петербургский РЦ" начал круглосуточную трансляцию радиостанции "Радио РБК" в Санкт-Петербурге на частоте 102 МГц. Трансляция радиостанции "Радио РОКС" на этой частоте прекращена. Решение о замене принял вещатель (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachinaet-translyatsiyu-radio-rbk-v-sankt-peterburge/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F** (24.09.25)).

С 18 сентября 2025 г. по 18 декабря 2025 г. филиал РТРС "Санкт-Петербургский РЦ" временно приостанавливает трансляцию радиостанции "Радио Мария" в Санкт-Петербурге на частоте 1053 кГц и Выборге на частоте 92,6 МГц. Решение о выключении передатчиков принял вещатель (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/translyatsiya-radiostantsii-radio-mariya-v-sankt-peterburge-i-vyborge-priostanovitsya/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F** (24.09.25)).

МОСКВА. На частоте 92,8 МГц с 8 сентября 2025 г. в Москве началась трансляция радиостанции "Радио РБК", заменив собой радиостанцию "Радио Карнавал". Медиахолдинг РБК запустил собственную радиостанцию, которая уже доступна в пяти регионах России (источник — URL: **https://vk.com/wall-194965312_16296?w=wall-194965312_16296** (24.09.25)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. 8 сентября 2025 г. в 07:00 по московскому времени в Нижнем Новгороде на частоте 107,4 МГц вместо радиостанции "Юмор FM" началось вещание информационной радиостанции "Радио РБК" (источник — URL: **https://vk.com/wall-90495469_16365?w=wall-90495469_16365** (24.09.25)).

НОВГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 1 сентября 2025 г. в Великом Новгороде на частоте 87,6 МГц начала вещание радиостанция "Радио Искатель" (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__92754/** (24.09.25)).

ОМСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Юмор ФМ" начала вещание в Омске на частоте 97,7 МГц (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/44147** (24.09.25)).

ОРЛОВСКАЯ ОБЛ. С 1 сентября 2025 г. радиостанция "Радио Ваня" начала своё вещание в г. Ливны и Мценске на частотах 90,8 МГц и 102 МГц соответственно (источник — URL: **https://vk.com/wall-62613163_25306?w=wall823791015_353** (24.09.25)).

ТАТАРСТАН. С 1 сентября 2025 г. радиостанции Comedy Radio (94,7 МГц) и "Детское радио" (96,7 МГц) в Набережных Челнах вещают с новой четырёхэтажной антенны на РТС "Алтай". Мощность передатчиков радиостанций — 250 Вт, высота подвеса антенн — 115 м (источник — URL: **https://vk.com/wall-14553046_59421?w=wall-14553046_59421** (24.09.25)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. С 1 сентября 2025 г. радиостанция "Дорожное радио" в Челябинске сменила частоту вещания. Новая частота — 102,4 МГц (источник — URL: **https://emg.fm/news/1822** (24.09.25)).

С 1 сентября 2025 г. в Челябинске на частоте 99,1 МГц началось вещание танцевальной радиостанции "Радио Рекорд" (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__92700/** (24.09.25)).

Радиостанция "Радио Дача" с 17 сентября 2025 г. начала вещание в г. Куса на частоте 105 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-18520524_45918?w=wall-18520524_45918** (24.09.25)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АЗЕРБАЙДЖАН. Здание Азербайджанского радио готовят к сносу. Сотрудники редакции временно продолжат работу в здании Азербайджанского телевидения. После демонтажа на площадке начнётся строительство нового объекта. Проекта нового здания пока нет. Первое вещание Азербайджанского радио состоялось 6 ноября 1926 г. (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__92771/** (24.09.25)).

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ. BBC запустила свои первые музыкальные станции в формате DAB+. Три новых расширения станций от Radio 1 и Radio 3 являются первыми, которые будут добавлены в музыкальное портфолио BBC с 2002 г., когда BBC запустила радиостанции 6 Music, 1Xtra и Asian Network. Radio 1 Anthems, Radio 1 Dance и Radio 3 Unwind были запущены в качестве потоков на BBC Sounds прошлой осенью, привлекая новую и лояльную аудиторию, и теперь доступны для прослушивания на радио в DAB+. Решение о запуске трёх станций на DAB+ демонстрирует "драматическую эволюцию аудиоландшафта за последние десятилетия, причём 75 % населения теперь слушают радио в цифровом виде". Новые расширения бренда будут продолжать жить на BBC Sounds, а также на DAB+, наряду с остальной частью прямого эфира (источник — URL: **https://www.advanced-television.com/2025/09/12/bbc-launches-new-digital-music-radio-stations-on-dab/** (24.09.25)).

СЕРБИЯ. Трансляция русскоязычной радиостанции "Радио МИ" в Сербии не может начаться по причине того, что разрешение не дал местный регулирующий орган. Абсурдность ситуации заключается в том, что это интернет-радио, и до сей поры в Сербии разрешения от местного аналога Роскомнадзора на организацию вещания радиостанций в сети Интернет не требовалось (источник — URL: **https://ruserbia.com/society/zapusk-radio-mi-otkladyvaetsja/** (24.09.25)).

СЛОВАКИЯ. В словацком полноразмерном мультиплексе DAB+, управляемом Towercom, была добавлена ещё одна мультимедийная функциональность. "Радио Мария" начала использовать сервис передачи данных MOT Slideshow (Multimedia Object Transfer), который расширяет возможности цифрового радио с визуальным контентом. Слайдшоу является дополнением к передаче аудио и используется для передачи файлов изображений, обычно в формате JPEG или PNG. Изображения вставляются непосредственно в мультиплекс и затем доставляются в приёмники, поддерживающие стандарт DAB+. Слушатель может увидеть логотип станции, обложки альбомов, фотографии артистов, графику новостей, информацию о дорожном движении или другие визуальные эффекты на дисплее приёмника. В случае с "Радио Мария" логотип в настоящее время доступен в сопровождении многоязычной надписи "Радио Мария". Большинство станций, входящих в мультиплекс, уже используют функционал Slideshow. Единственным исключением является католическое радио Lumen, которое ещё не участвовало в этой фазе. В настоящее время в Словакии имеется один полномасштабный

мультиплекс DAB+, который распространяется через 14 передатчиков. Их полный обзор можно найти в разделе "Отправители", где доступны передатчики DVB-T/T2 и DAB+, а также отображение карты и текущее предложение программы (источник — URL: **https://www.satelitnatv.sk/2025/08/radio-maria-zacalo-v-dab-multiplexe-vyuzivat-slideshow/** (24.09.25)).

США. Поддержка Конгрессом США Закона "О радио для каждого транспортного средства" возросла во время перерыва в работе сессии в августе. Законопроект в настоящее время поддерживается 280 депутатами от обеих партий в Палате представителей и 61 сенатором в Сенате, что предотвращает блокировку пиратов. С 1 августа 2025 г. к инициативе присоединились ещё 20 депутатов, что означает необычайный подъём, в то время как законодатели находились за пределами Вашингтона. Эта решительная поддержка отражает силу местной группы адвокатов, как объяснила Национальная ассоциация вещателей (NAB). Согласно данным, находясь в своих избирательных округах, конгрессмены услышали непосредственно от своих избирателей о важности радио в автомобилях — услуги, от которой 82 млн американцев зависят в плане оповещения о чрезвычайных ситуациях, достоверных местных новостей и культурных программ, которые объединяют население. Эта поддержка демонстрирует глубокое понимание того, что средневолновое вещание наряду с УКВ, остаётся жизненно важным средством оповещения о чрезвычайных ситуациях, местных новостей и связи с сообществом (источник — URL: **https://www.radioblog.eu/2025/09/04/usa-mehr-unterstuetzung-fuer-am-radio-for-every-vehicle-act/** (24.09.25)).

ШВЕЙЦАРИЯ. Швейцарские ассоциации частного радио (VSP и RRR) приняли позиционный документ, в котором выступают против запланированного закрытия всех УКВ-радиостанций в Швейцарии в конце 2026 г. В то время как Федеральный совет Швейцарии выступает против продления лицензий на УКВ-вещание, Национальный совет подавляющим большинством голосов проголосовал за то, чтобы отложить выход из аналогового вещания, согласно сообщениям, которые были ранее опубликованы в местных СМИ. Большая палата последовала доводам, что отключение УКВ-вещания может быть опасным для жизни населения. Хотя потери слушателей находились в "ожидаемых пределах", сопоставимое развитие событий неприемлемо для коммерческих станций, которые зависят от доходов от рекламы. Национальный совет проголосовал за продление срока действия УКВ-лицензий после 31 декабря 2026 г. или за их переоформление к 1 января 2027 г. Теперь Совету предстоит решить, есть ли будущее у аналогового УКВ-вещания в Швейцарии после 2026 г. (источник — URL: **https://www.satellifax.de/pda/mlesen.php?id=e709e7933f4bc0a15cc56322ab9f4dc5a** (24.09.25)).

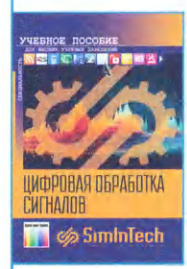
ШВЕЦИЯ. Шведское агентство почтового и телекоммуникационного агентства (PTS) выдвинуло предложение о дерегулировании трансляции радио и телевидения через наземные сети в Швеции. Регулятор заявляет, что его оценка того, что конкуренция работает на рынках конечных пользователей, где всё больше людей смотрят и слушают через Интернет с хорошим широкополосным покрытием по всей стране. Его видение регулирования вещательного рынка означает, что телекомпания Teracom должна предоставлять услуги по распространению бесплатного телевидения и национального аналогового радио по ориентированной на затраты цене. Действующее правило не учитывает увеличение затрат, понесённое Teracom, потому что меньше людей используют наземную платформу.

Всё больше конечных пользователей выбирают цифровые платформы для использования радио и телевидения, а также доступ к интернет-услугам, где радио и телевидение могут потребляться без дополнительной оплаты. Кроме того, широкополосное покрытие, как фиксированное, так и мобильное, достигло тех же уровней, что и наземная сеть. Поскольку регулирование PTS больше не способствует усилению конкуренции на рынках конечных пользователей или приводит к расширению свободы выбора для конечных пользователей, власти предлагают, чтобы рынки вещания были дерегулированы с конца 2025 г. (источник — URL: **https://installsat.tv/ru/stattia/sweden-proposes-terrestrial-broadcasting-deregulation** (24.09.25)).

ЯПОНИЯ. Иновещание Японии, известное как "Радио Японии", общественной (государственной) телерадиовещательной корпорации NHK (Nippon Hoso Kyokai, т. е. "Японская вещательная корпорация") планирует прекратить передачи на русском языке на коротких и средних волнах после 69 лет непрерывного вещания из Токио. 30 сентября 2025 г. стало последним днём выхода в эфир этих передач. Однако радиопрограммы на русском, а также телепрограммы с русскими субтитрами, как и страница новостей на русском языке, будут продолжать выходить и обновляться в Интернете, на сайте международной службы NHK World. Причина прекращения вещания на русском языке сформулирована как "сложившиеся обстоятельства". В последнее время NHK активно развивает свой международный телеканал на английском языке (в открытом виде канал вещает через спутники и в Интернете), а с недавних пор ряд программ упомянутого телеканала стали снабжаться (только на сайте вещателя) и субтитрами на других иностранных языках, в том числе на русском (источник — URL: **https://obob.tv/inoveshhanie/radio-yaponii-prekratit-veshhanie-na-k/** (24.09.25)).

Хорошего приёма и 73!

Вышла в свет новая книга



Витязев В. В., Волченков В. А., Овинников А. А., Лихобабин Е. А.

Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие для вузов / В. В. Витязев, В. А. Волченков, А. А. Овинников и др. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 184 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-1057-7.

Изложены общие принципы цифровой обработки сигналов. Основное внимание уделено проектированию цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Приводятся теоретические сведения, касающиеся характеристик фильтров, приводятся подробные примеры их проектирования и анализа их характеристик. Рассматриваются инструменты моделирования прохождения сигналов через цифровые фильтры в среде SimInTech. Использование среды SimInTech для проектирования цифровых фильтров и моделирования прохождения сигналов через них отличает данное учебное издание от имеющейся учебной литературы в данной области.

Для студентов, обучающихся по направлениям 11.03.01 — "Радиотехника" и 11.03.02 — "Инфокоммуникационные технологии и системы связи" и специальности 12.05.01 — "Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения", и магистрантов, обучающихся по направлению 09.04.04 — "Программная инженерия", может представлять интерес для специалистов.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

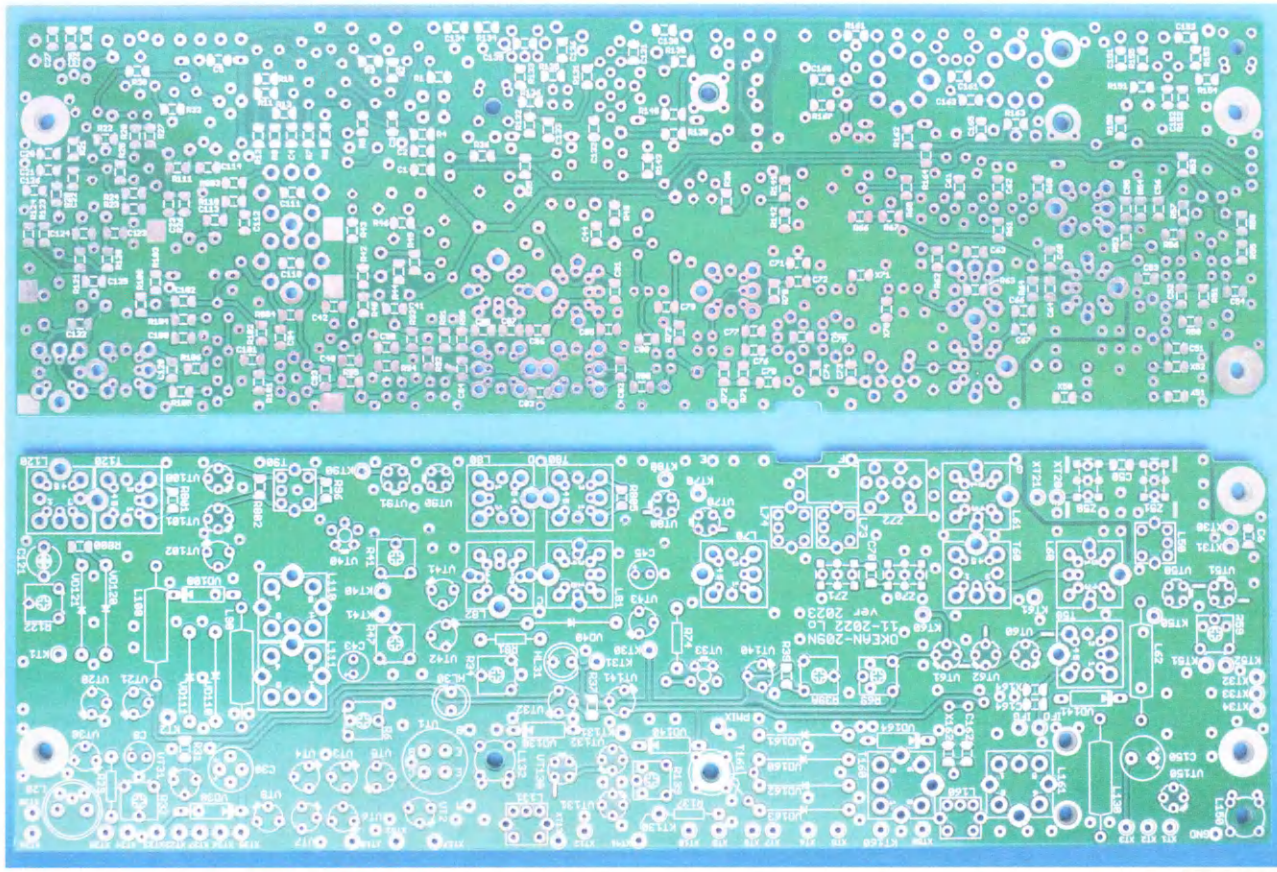
Новый УВЧ-УПЧ для приёмников "Океан-209" и Selena

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

В последних двух частях статьи приводятся описания монтажа и налаживания новой главной платы УВЧ-УПЧ для приёмников "Океан-209" и Selena с минусовым питанием. Подробное описание составлено для радиолюбителей с базовыми навыками, умеющих пользоваться измерительными ВЧ-приборами.

6. Монтажные работы

Описание монтажа составлено для поэтапного построения по узлам и системам, что при большом опыте не исключают более быстрого монтажа и налаживания. Монтаж осуществляется на печатной плате, показанной на **рис. 35**.



Продолжение.
Начало см. в "Радио", 2025, № 8—10

Рис. 35

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Для налаживания нужен измеритель АЧХ из-за сложных ПЧ-фильтров. Кроме вольтметра и измерителя RLC общего назначения (измерения при частоте не менее 10 кГц), выручит ВЧ-генератор с выходными частотами 465 кГц и 10,7 МГц, с полноценной модуляцией АМ и ЧМ, искажениями менее –60 дБ для проверки результата налаживания. Даже бюджетные DDS-генераторы (ЦАП 14 разрядов) обеспечивают это требование, и в 2025 г. недорогие цифровые осциллографы (АЦП 8 разрядов, режим быстрого преобразования Фурье — БПФ) позволят в реальном масштабе времени анализировать НЧ-сигналы на предмет искажений с уровнем до –46...–50 дБ. Часто в меню таких осциллографов есть режимы децимации или усреднения, которые увеличивают эффективную разрядность АЦП до 11...14 разрядов, поэтому можно правдоподобно фиксировать наличие искажений на уровне –60...–76 дБ. Предложенный УВЧ-УПЧ подлежит налаживанию с уровнем искажений аудиосигнала не более –60 дБ.

6.1. Защита и подавление помех

Как минимум, рекомендуется установить к контакту XT37 защитный диод на случай неправильной полярности напряжения питания. Ещё лучше установить синфазный дроссель индуктивностью 22...100 мГн к гнёздам XT35 и XT42 и к нему подключить этот защитный диод. Синфазный дроссель в линии питания настолько эффективно подавляет помехи, что осциллографом можно уверенно обнаружить сигналы размахом 200 мкВ. Помехи можно подавить сильнее, если установить фильтрующий конденсатор ёмкостью 330 мкФ к клеммам XT36 и XT26, он подавит низкочастотные помехи. Получается навесная конструкция, несложная и эффективная, она показана на **рис. 36**.

Временный резистор сопротивлением 10 кОм между контактами XT25 и XT38 симулирует регулятор громкости. Четыре длинные стойки М3×25 обеспечат удобство монтажа навесных компонентов, а со стороны SMD-компонентов можно использовать стойки М3×7, что облегчит установку временных компонентов при проведении измерений. Четвёртую стойку припаивают рядом с элементами C121, R122. Шайбами и гайками выравнивают эти стойки по высоте, чтобы конструкция устойчиво стояла на рабочем месте.

Как показала практика, большие погрешности измерений вызывает некалиброванный щуп осциллографа или включение ФНЧ (ограничение полосы) в осциллографе. Частота среза 20 МГц ФНЧ вызывает на частоте 10 МГц обычно на 10...15 % заниженное показание амплитуды, но при налаживании тракта на частоте 465 кГц эта функция полезна для измерения малых сигналов. В этом проекте измерения ведутся в основном при импедансе 50...330 Ом на частоте 10700 кГц и калибровку щупа нужно проводить при источнике с импедансом 100 Ом для обеспечения достаточной точности на все случаи. Обычно это имеет место на калибровочном выходе, которым снабжено большинство современных осциллографов. Если нужна калибровка на высокий импеданс, резистор с требуемым сопротивлением надо подключить последовательно к калибровочному выходу.

7. Стабилизатор напряжения 5,6 В

По классике монтаж начинают с узлов питания.

7.1. Источник образцового напряжения

Сначала комплектуют элементы R13, C4, C5 и ранее подобранные транзисторы VT7, VT8 (раздел 5.1.2). На месте R10 надо установить резистор с немного завышенным номиналом, на месте резистора R12 — временную проволочную перемычку. Резистором R11 "добирают" общее сопротивление для отсутствия температурного дрейфа. Измеряют полученное образцовое напряжение на базе транзистора VT4, оно должно быть в интервале –1,3...–2,1 В. Подборкой резистора R12 устанавливают напряжение –2,5±0,07 В. Перепады питающего напряжения на конденсаторе C4 ослабляются в 150...500 раз (44...54 дБ). У транзисторов с термостабильным напряжением затвор—исток в интервале 1,2...1,5 В это подавление самое высокое, и резистор R9 будет с очень большим номиналом.

7.2. Применение ИМС серии TL431

Отступлением от исторического контекста может быть использование ИМС серии TL431 (К142ЕН19) в корпусе ТО-92 для реализации источника образцового напряжения. Эта ИМС в зарубежной схемотехнике стала популярной в конце 1980-х годов. В этом случае взамен транзистора VT7 устанавливают резистор сопротивлением 6,8 кОм, резисторы R10 и R11 не устанавливают, резистор R12 заменяют перемычкой. На месте транзистора VT8 устанавливают ИМС TL431. Подавление входных перепадов напряжения питания будет более 60 дБ. Однако у ИМС TL431 в 3...4 раза больше потребляемый ток.

7.3. Регулирующий узел

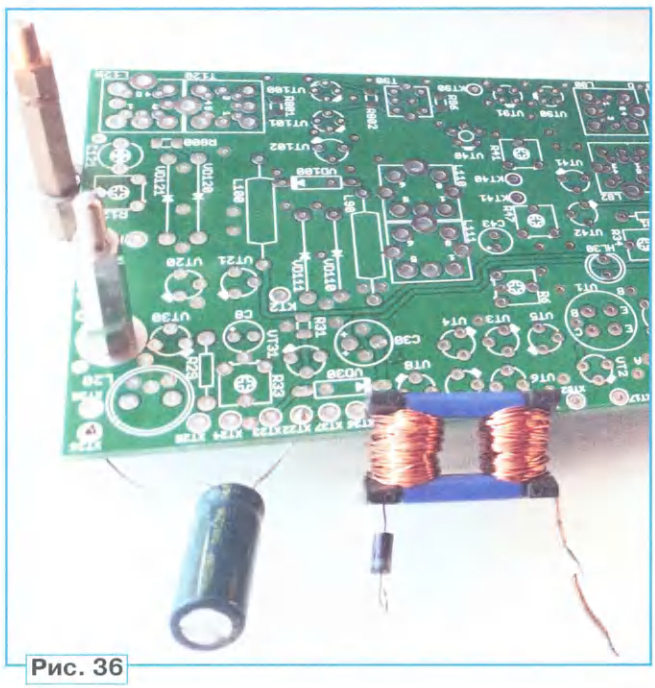


Рис. 36

Устанавливают все остальные элементы стабилизатора, кроме резистора R9. Конденсатор C3 подбирают для надёжного подавления самовозбуждения, номинал зависит от выбранного транзистора. Для транзистора ГТ308В на месте VT1 ёмкость конденсатора C3 = 2200 пФ, для МП42Б C3 = 10...22 нФ. Конденсатор из керамики NP0 важен на этом месте для уменьшения выбросов при переходных процессах.

Проверяют работу стабилизатора на временной нагрузке сопротивлением 330 Ом (18 мА), устанавливают выходное напряжение 5,6 В. При увеличении нагрузки на 5,6 мА (дополнительно резистор сопротивлением 1 кОм) наблюдается уменьшение напряжения на 1 мВ на выходе, что свидетельствует о внутреннем сопротивлении 0,18 Ом. При

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2025

полном допустимом перепаде напряжения питания на входе в интервале 6,3...9,6 В на выходе наблюдается изменение на 10...27 мВ, это подавление на 50...42 дБ. Это существенно улучшается параметрической коррекцией с помощью резистора R9. При правильном его подборе (180...820 кОм) подавление может быть 70...80 дБ.

Для измерения шума стабилизатора надо отсоединить от него все ненужные приборы. Особенно шумят цифровые вольтметры. Широкополосное шумовое напряжение в полосе до 250 кГц осталось ниже порога обнаружения прибора 5 мкВ (размах), что соответствует отличному результату, начиная с области НЧ. Дробовой шум ниже частоты 1 кГц зависит от качества транзисторов VT3, VT4, а от транзисторов КТ326Б и серий КТ3107, КТ3108 проблем можно не ждать. Дробовой шум может создать проблемы при УКВ-приёме, создавая неприятный шумовой фон при качественном радиосигнале.

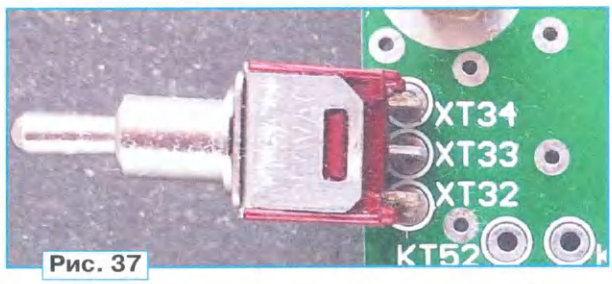


Рис. 37

Если приёмник планируется эксплуатировать с батареей из Li-Ion-аккумуляторов напряжением 6,6...8,2 В, на месте VT1 подойдёт кремниевый p-n-p транзистор с $h_{21Э}$ = 80...160, допустимым током коллектора не менее 50 мА и мощностью рассеивания более 150 мВт, при этом C3 = 2200 пФ. Параметры стабилизатора от этого не меняются.

Стабилизатор недолго выдерживает короткое замыкание, поэтому в лабораторном БП при возможности следует установить ограничение выходного тока 50 мА.

7.4. Переключатель АМ-ЧМ

К контактам XT32—XT34 временно припаивают переключатель для удобного переключения режимов АМ и ЧМ (**рис. 37**). Позже сюда подключают проводами переключатель на передней панели.

8. ФСС для ЧМ-тракта

С самого начала монтажа узлов должны быть известны фактические центральные частоты ФСС, иначе придётся сложными работами скорректировать ранее установленные настройки. В описании по умолчанию используется значение ПЧ 10700 кГц, реально оно может быть в интервале 10600...10800 кГц.

8.1.1. Согласование ПКФ Z50, Z51 и Z70, Z71

Заранее подобранные ПКФ Z50, Z51 и Z70, Z71 надо установить на печатную плату и скорректировать АЧХ сборок в полностью пассивном режиме по схеме на **рис. 38**. Подбирают подходящий элемент стыковки ПКФ. Вероятно, что импеданс ближе к 270 Ом будет правильным для получения плоской вершины АЧХ, поэтому надо начинать при R1 = = R2 = 220 Ом и без установки конденсаторов C1 и C2.

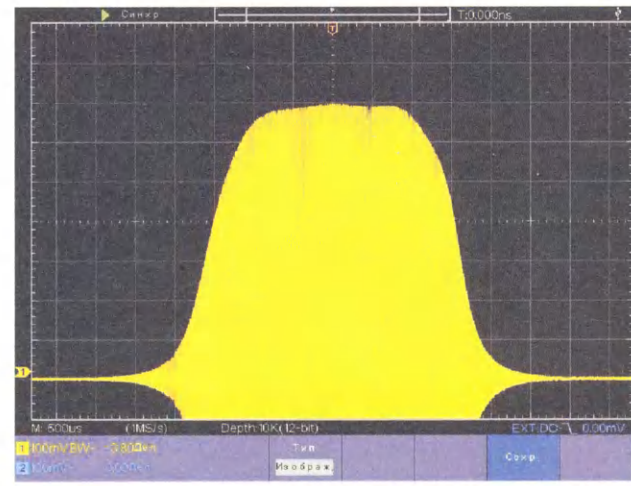


Рис. 39

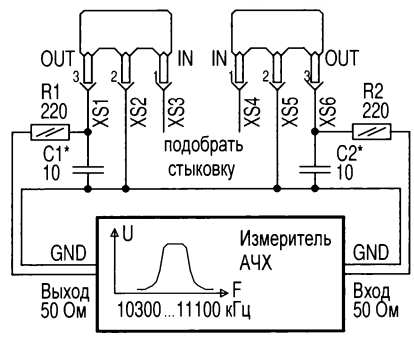


Рис. 38

Элементом стыковки между ПКФ чаще всего будет последовательный конденсатор, редко параллельный. На печатной плате предусмотрены требуемые посадочные места. Надо записать полученный импеданс тракта и выбранный элемент стыковки. При налаживании надо добиться ровной вершины протяжённостью не менее 150(100) кГц для ПКФ с паспортной полосой пропускания 280(230) кГц. Желательно установить измеритель АЧХ в линейный масштаб, который для этой задачи подходит лучше (**рис. 39**, 50 кГц/дел.).

Щуп осциллографа не следует подключать напрямую к ПКФ, так как его ёмкость 10...15 пФ заметно влияет на АЧХ, поэтому на выходе надо использовать резистивные делители 220/50 или 120/150 Ом. Конденсаторы C1 и C2 в стенде могут улучшать форму АЧХ. Для конденсатора C1 предусмотрено посадочное место на плате (X50), конденсатор C2 входит в состав согласующего Г-образного звена, и его ёмкость надо добавить к конденсатору C51. На плате рядом с ним предусмотрено дополнительное посадочное место X52 для получения требуемой результирующей ёмкости.

8.2. УПЧ50

Для более тщательной проверки АЧХ с измерителем АЧХ (50 Ом) пригодится УПЧ50. Устанавливают все его элементы от C51 до T50, кроме VT51 и R54. На месте L50 подходит КПИ Q-3961 без модификации, но у него выводы с другой стороны. К выходной обмотке T50 подключают кабель к измерителю АЧХ (нагрузка 50 Ом) без заземления к печатной плате в этом месте. При проверке АЧХ нужно соблюдать линейный режим транзистора VT50, после подстройки контура C51L50 и T50 была получена АЧХ, показанная на **рис. 40**. Поворот фазы на 720° в полосе пропускания свидетельствует о работе четырёх связанных контуров, резонансы в L50 и T50 слабы и на сдвиг фазы практически не влияют.

Этот фильтр при отстройке ±300 кГц от центральной частоты обеспечит подавление соседнего канала на 43 дБ. В этом примере были использованы ПКФ с центральной частотой 10715 кГц, сборка двух ПКФ "вышла" на ту

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

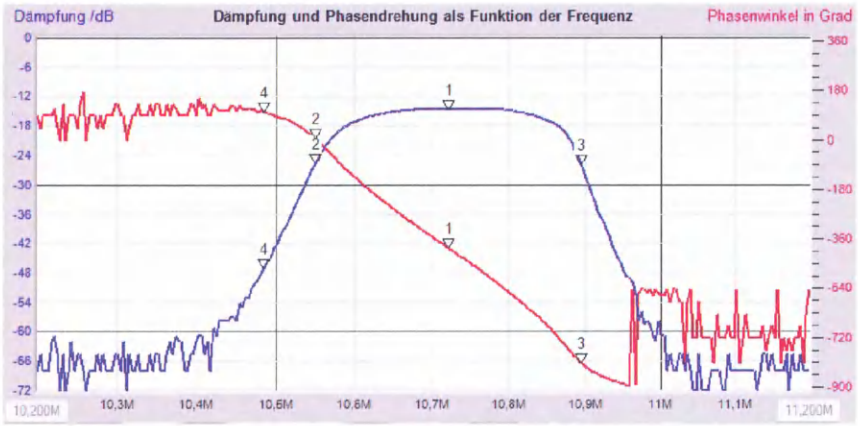


Рис. 40

же частоту. На эту же частоту нужно настроить все остальные фильтры ЧМ-УПЧ. Второй ФСС на ПКФ Z70, Z71 налаживают аналогично и с той же АЧХ — это важный момент. При требуемом согласовании на 250/270/300/330 Ом нужно подобрать элементы C51 и L50, исходя из соотношений 207/200/191/182 пФ и 0,98/1,027/1,09/1,14 мкГн. Проводники на плате от ПКФ Z51 к L50 имеют ёмкость около 3 пФ и являются частью конденсатора C51, поэтому его ёмкость должна быть 204/197/188/179 пФ, посадочное место X52 — для дополнительного конденсатора. После настройки сквозной АЧХ Z50, Z51 и УПЧ устанавливают резистор R54. При измерении с высокоомным щупом, подключённым к L52 (T50), резистор R54 надо установить изначально.

8.2.1. Конструкция трансформатора T50

Трансформатор T50 обеспечивает широкополосное согласование, чтобы УПЧ50 вышел на требуемое усиление и на УПЧ60 поступал сигнал с низким импедансом. На контурной обмотке присутствует нагрузка 1,25 кОм с учётом влияния транзистора VT60 и резистора R54, и результирующая добротность не превышает 2,5...3, а полоса пропускания составляет около 3,5 МГц. На канальную АЧХ это никак не влияет, но с помощью трансформатора T50 можно в целом получить ровную вершину АЧХ. Если на месте VT60 планируется транзистор ГТ322А, резистор R54 должен иметь примерно двойной номинал.

Требуемая низкая рабочая добротность позволит в широких пределах подбирать тип КПИ. Этот узел рассчитан для использования заводской ПЧ-ЧМ-КПИ. Обмотка связи (шесть витков) должна быть в верхней секции, контурную обмотку (27 витков) надо разместить по девять витков в нижние три секции каркаса.

При применении добротных импортных КВ-КПИ с основанием корпуса 7×7 мм надо соблюдать соотношение 27:6...9:2 и нанести обмотку связи в нижнюю секцию. Расчётная индуктивность обмотки L51 должна быть 5,4 мкГн, и подстроечник должен быть хорошо погружён в ней. Потребуется снижение номинала резистора R54 до 1,8...2 кОм.

При применении АМ-КПИ с ферритовым магнитопроводом "гантель" также надо соблюдать соотношение 27:6...9:2 и нанести обмотку связи первой. Сопротивление резистора R54 надо увеличить до 22 кОм, либо он вообще не нужен.

Идеальным выбором было бы КВ-КПИ Q-3994 или Q-4126 с ферритовым магнитопроводом "гантель". Такая конфигурация обеспечит плотную трансформаторную связь между обмотками. Для Q-3994 нанести первым обмотку L52 (3 витка) и затем L51 (14 витков) проводом 0,1 мм. Подбирают R54 = 1,8...2 кОм.

8.2.2. Налаживание системы АРУ

Устанавливают транзистор VT51 в крайнее против часовой стрелки положение движка резистора R59, соединяют базы транзисторов VT50 и VT51, их токи покоя должны быть примерно равны, в сумме — 2,2 мА. Следом резистором R59 устанавливают ток покоя транзистора VT50 (0,27 мА), при этом между контрольными точками KT50 и KT51 будет напряжение 27 мВ. Этим АРУ подготовлена на максимальное ослабление сигнала 18 дБ. Если узел АРУ уже смонтирован, эту процедуру проводят при соединении контрольной точки KT40 с общим проводом.

8.3. УПЧ70

Этот УПЧ полезен для налаживания ФСС, он ещё определяет статический режим УПЧ80, поэтому следует его налаживать на ранней стадии. Монтируют элементы УПЧ70, начиная с R71 до R74, без C76, C77 и L70. На месте L70 следует установить перемычку. Конденсатор C79A (10 мкФ) для устранения НЧ-шума не критичен по исполнению, на печатной плате разработки 2022 г. для него не предусмотрено посадочное место, но его несложно установить (**рис. 41**). Можно также использовать танталовый конденсатор с номинальным напряжением не менее 6 В типоразмера A или B, плюсовой вывод с маркировкой подключать к общему проводу.

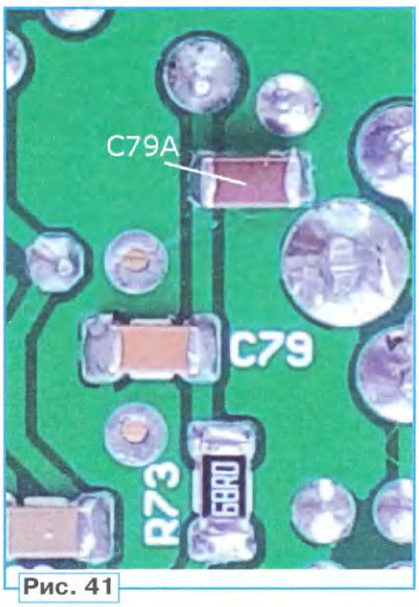


Рис. 41

Подборкой резистора R72 устанавливают напряжение –3,3±0,2 В на контрольной точке KT70, можно подбирать резистор R74 в интервале 1,8...2,4 кОм. Сигнал подают на базу транзистора VT70 через последовательную цепь из резистора сопротивлением 4,7 кОм и конденсатора ёмкостью 1 нФ, которая образует полезный аттенюатор 20 дБ для проверки работы при предельно малом сигнале. Усиление по напряжению от базы транзистора VT70 к KT70 составляет $K_{ПЕР}$ = 2,3 и мало зависит от серии транзистора.

8.4. Стыковка ПКФ Z70, Z71 с УПЧ70

Устанавливают согласующее звено от ПКФ Z71 к транзистору VT70. КПИ L70 должна иметь симметричную обмотку для получения большого КПД даже при применении заводской ЧМ-ПЧ-КПИ, на которую наматы-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2025

вают обмотки 3+3, 4+4, 4+4, 2+2 снизу вверх по секциям каркаса. Расчётная индуктивность составляет 4,8 мкГн. Можно на этом месте применить также импортные КВ-КПИ или АМ-КПИ. Подают тестовый сигнал на ПКФ Z70 через резистор сопротивлением 220 Ом и снимают сигнал с контрольной точки КТ70. Подборкой резистора R70 и подстроечником КПИ L70 устанавливают правильную форму АЧХ. Если сопротивление R70 будет менее 1,8 кОм, надо увеличить ёмкость конденсатора C71 и уменьшить ёмкость C72. Идеальна была бы работа без резистора R70 за счёт нагрузки транзистора VT70. При использовании транзисторов серии ГТ322 сопротивление резистора R70 должно быть больше, вплоть до 5 кОм. При применении высокодобротных КВ-КПИ сопротивление резистора R70 может быть 1,5...1,8 кОм.

8.5. Согласование входа ПКФ Z70 с помощью элементов T60 и VT61

Установить транзистор VT61 и обвязку на его базе. Так как этот транзистор повлияет на настройки своих коллекторных LC-контуров, для обеспечения его режима вместо транзистора VT60 надо установить от эмиттера VT61 к общему проводу резистор сопротивлением 5...10 кОм. Этим образуется ток покоя 0,6...0,3 мА, что не критично. Для настройки ФСС усиление транзистора VT61 не нужно, пробный сигнал надо подавать через последовательную RC-цепь (2...22 кОм и 10 нФ) на контрольную точку КТ60.

Устанавливают согласующие элементы между УПЧ60 и Z70, начиная от резистора R62 до T60, но без резистора R63. На месте L60 устанавливают перемычку, C60 заземляет трансформатор T60. На месте T60 можно применить заводскую ЧМ-ПЧ-КПИ. Так как и здесь важна трансформаторная связь, обе обмотки распределены на все четыре секции. Сначала мотают контурную обмотку и верхний конец провода временно фиксируют на каркасе, потом наматывают обмотку связи и окончательно фиксируют концы обмоток на выводах. Подобным образом мотают и добротные импортные КВ-КПИ каркасного типа. Изделие Q-3944 и АМ-КПИ начинают мотать с обмотки связи, выдерживая соотношение витков 4:1. Расчётная индуктивность L63 — 7,2 мкГн.

Тестовый сигнал для измерения АЧХ подают через последовательную цепь RC-цепь (5...15 кОм и 10 нФ) на КТ60, снимают сигнал с КТ70. Подборкой сопротивления резистора RC-цепи и подстройкой T60 добиваются правильной формы АЧХ, не хуже, чем при начальном тесте сборки ПКФ. АЧХ должна совпадать с АЧХ на ПКФ Z50, Z51. Надо записать среднюю частоту полосы пропускания и сопротивление подобранного резистора. На место R63 устанавливают резистор с подобранным сопротивлением. Тестовый сигнал от измерителя АЧХ подают на эмиттер транзистора VT61. На КТ70 снова должна быть правильная АЧХ.

9. ФСС 450...465 кГц

ФСС для АМ нужно монтировать и налаживать поэтапно, чтобы избежать настройки случайными прокрутками КПИ с сомнительным результатом. При подборе ПКФ ранее был выявлен выгодный импеданс выбранного ПКФ. Дальнейшее описание составлено для среднестатистического ПКФ серии ФП1П1-60-02 с полосой пропускания 9,5...10 кГц (по уровню –6 дБ) и лучшей формой АЧХ при импедансе 4,7 кОм (вместо паспортного значения 3 кОм). Сам ПКФ Z72 устанавливают только в самом конце процедуры!

9.1. Согласование с УПЧ70

Транзистор VT70 с $h_{21э}$ = = 80...90 вместе с резистором R71 образует нагрузку 500 Ом на частоте 465 кГц. Это мало зависит от типа транзистора, в основном зависит от тока покоя. Эту нагрузку нужно трансформировать в 4,7 кОм к выходу ПКФ. Чтобы это имело место во всей полосе пропускания ПКФ с некоторым запасом, применён двухконтурный фильтр с критической связью контуров, которая определяется конденсатором C75. На горячем конце КПИ L73 с учётом резонансных сопротивлений контуров по 70 кОм и соотношения C76/C77 импеданс — 13 кОм. Этот импеданс внутри полосы пропускания LC-фильтра трансформируется соотношением C73/C74 в 4,5 кОм для нагрузки ПКФ. Для налаживания надо подавать на конденсатор C73 сигнал размахом 30 мВ через резистор сопротивлением 4,7 кОм от ВЧ-генератора (50 Ом) и подборкой конденсатора C75 (временно установить КПЕ) наладить на КТ70 АЧХ с ровной вершиной в полосе около 15 кГц, но не более 20 кГц. При подключении щупа 10:1 (15 пФ/10 МОм) к конденсатору C73 на АЧХ на частоте 465 кГц виден провал в полосе частот 10...15 кГц (см. раздел 3.4.2, рис. 14). Напряжение на конденсаторе C73 при этом составляет 50 % от напряжения на выходе генератора (50 Ом), что говорит о входном импедансе 4,7 кОм этого двухконтурного фильтра в диапазоне 458...472 кГц. Подкорректировать импеданс для конкретного ПКФ можно подборкой конденсаторов C73, C74 и резистора R71. Позже, с установленным ПКФ, незначительной прокруткой подстроечников L73, L74 можно скорректировать мелкие дефекты АЧХ.

Для установки ЭМФ серии ФЭМ4 с импедансом 3 кОм надо установить конденсаторы C73 = C74 = 680 пФ. Для фильтров серии CFW и CFWM оптимальный импеданс может быть 2...8 кОм, и нужно подбирать конденсаторы C73, C74 в широких пределах, но вместе они должны образовать ёмкость 320...350 пФ.

9.2. Согласование с УПЧ 60

Устанавливают LC-фильтр, вместо конденсатора C66 временно подключают подстроечный конденсатор ёмкостью 6...30 пФ, ПКФ не устанавливать. Суть налаживания LC-фильтра состоит в том, что ПКФ серии ФП1П1-60-02 нагружает LC-фильтр примерно сопротивлением 4,3...4,7...5 кОм внутри полосы пропускания ПКФ. Поэтому при резистивной нагрузке 4,7 кОм на отводе L61 должна быть ровная вершина АЧХ в полосе 11...12 кГц с малым перепадом. При этом сам LC-фильтр должен предоставить импеданс 4,7 кОм к этому отводу. То есть, при отключении нагрузки 4,7 кОм напряжение станет в два раза больше.

Для налаживания L61 не нагружают (только высокоомный щуп) и подают сигнал на КТ60 через разделительный конденсатор (10 нФ) и переменный резистор сопротивлением 5 кОм. Конденсатором C66 и катушками устанавливают АЧХ с почти ровной вершиной в полосе 10 кГц (**рис. 42**, 5 кГц/дел.).

При подключении нагрузки 4,7 кОм эта АЧХ рухнет на 50 % (**рис. 43**). Перепад уровня сигнала на краях полосы пропускания (±5 кГц от центра) составляет 0,5 дБ, и это можно скорректировать конденсатором C66 и переменным резистором (5 кОм) у КТ60. Важно сохранить двойной перепад при подключении нагрузки.

Измеряют введённое сопротивление переменного резистора, умножают этот результат на четыре и устанавливают резистор R64 с таким номиналом. Повторяют измерения, подавая сигнал на эмиттер транзистора VT61 импедансом более 3 кОм.

Двухконтурный фильтр L60L61 изначально был рассчитан, чтобы предоставить нагрузку 3 кОм выходного импеданса, и при установке ФЭМ4-52-xxx нужно делать отвод у L61 ровно на 50 %

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

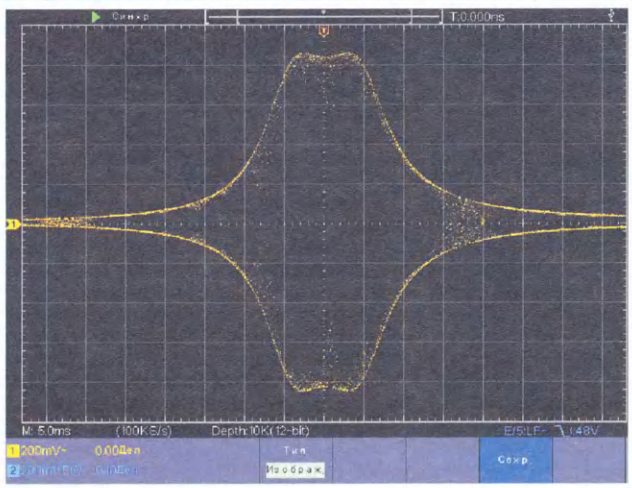


Рис. 42

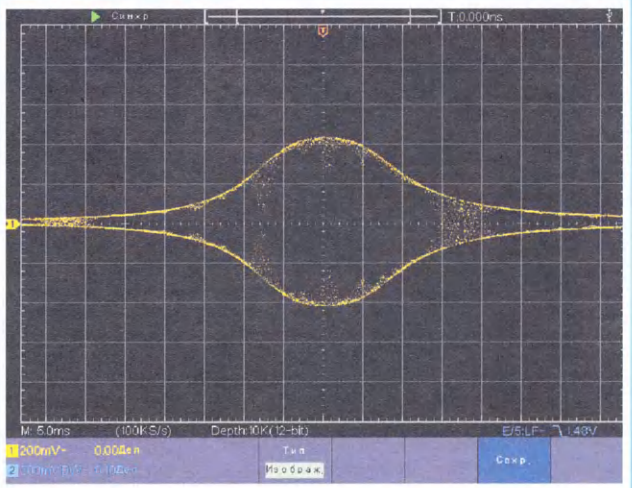


Рис. 43

(58 витков). Соответственно для согласования с нагрузкой 4,7 кОм отвод делают от 71 витка от холодного конца, а для импеданса 2 кОм — от 48 витка (фильтры CFW, CFWM). Таким образом, для УПЧ60 обеспечена постоянная нагрузка на отводе L60 (50 %) — это 3 кОм вне полосы пропускания и идеально 1,5 кОм внутри полосы пропускания, реально образуется нагрузка 1,6...1,8 кОм.

На каркасе изделия Q-4387 начинают мотать в нижней секции с горячего конца и поочерёдно заполняют секции по 29 витков проводом 0,1 мм. L60 нужно мотать строго симметрично и из-за межвитковых ёмкостей может потребоваться установка C64 = 470 пФ для более правильного положения подстроечника.

9.3. Установка ПКФ

После установки ПКФ сигнал подают от источника сигнала с импеданса более 5 кОм на эмиттер транзистора VT61 и настраивают лучшую форму АЧХ, снимая сигнал с КТ70 (максимальный размах сигнала — 20 мВ). Если ПКФ подобран и фильтры заранее настроены, коррекции не потребуется. На **рис. 44** показана АЧХ на выходе ПКФ (жёлтая, масштаб — 2 кГц/дел.)

Если АРУ неправильно налажена, уровень сигнала на входе ПКФ (синяя кривая) может вызвать перегрузку транзистора VT61 по напряжению от сигнала в соседнем канале. Самое замечательное у этих отечественных ПКФ — малое затухание (около 3 дБ), да и форма АЧХ отличная, здесь она незначительно искривлена под влиянием ёмкости щупов (15 пФ).

На этом этапе измерения АЧХ нужны в логарифмическом масштабе, и следует обратить внимание на подавление побочных сигналов в области частот 390...440 кГц. Следует отметить, что ЭМФ серии ФЭМ4-52-ххх могут иметь острые резонансы на уровне –30 дБ, которые должны быть подавлены в сквозной АЧХ всего тракта до –76...–80 дБ. ПКФ серии ФП1П1-60-02 обеспечит подавление побочных каналов на более 40 дБ в диапазоне частот 390...440 кГц, а на остальных частотах — более 60 дБ.

Надо проверить центральную частоту, полосу пропускания и крутизну скатов полученного ФСС. Импортные ПКФ после пайки могут иметь отклонения от ранее измеренных параметров, смещение бывает до 500 Гц. Через несколько недель параметры приобретают окончательное значение.

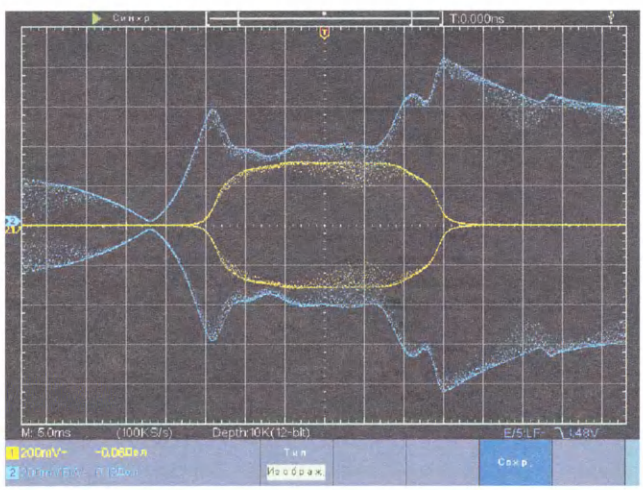


Рис.44

10. РУПЧ (VT90, VT91)

Так как не у всех бюджетных ВЧ-генераторов выходной сигнал превышает несколько вольт, предлагается РУПЧ в качестве вспомогательного усилителя для налаживания демодуляторов и детектора АРУ.

Монтируют элементы РУПЧ, в том числе конденсатор C88, но без резистора R91. Вместо КПИ L80 временно устанавливают резистор 51 Ом между конденсатором C88 и базой транзистора VT90. Сигнал подают через разделительный конденсатор ёмкостью 10 нФ на его базу. Между резистором R95 и конденсатором C94 временно устанавливают резистор сопротивлением 100 Ом, устанавливают дроссель L91. Проверяют режим по постоянному току и подборкой резистора R91 устанавливают ток покоя 6...6,5 мА транзистора VT91, на его эмиттере должно быть напряжение 80...87 мВ.

С временной низкоомной нагрузкой на КТ90 при подаче АМ-сигнала 30...80 % размахом 100 мВ на базу транзистора VT90 на выходе искажения останутся менее –50 дБ. Подборкой резистора R93 можно для конкретной пары транзисторов получать особо малые искажения. При этом на эмиттере транзистора VT91 будет размах сигнала 50 мВ и сигнальный ток размахом 3,3 мА к демодуляторам. При размахе 40 мВ и АМ 30...80 % на базе транзистора VT90 искажения останутся менее –60 дБ, и транзистор VT91 генерирует выходной ток размахом 1,3 мА. Примерно это и будет предельный штат-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2025

ный режим с запасом для импульсных помех.

11. АМ-демодулятор

В АМ-демодуляторе используется каркас изделия Q-4386(Q-4172) с габаритным магнитопроводом. Из-за изобилия лака не удастся использовать старый провод. Нужно очистить каркас от швов прессформы, которые мешают нанести обмотку по порядку и получить высокую добротность. Выводы каркаса надо очистить до голой меди для быстрой пайки нового провода. Наматывают новую обмотку проводом диаметром 0,1...0,15 мм по 22 витка в каждой из четырёх секций. Лужёные концы провода наматывают на выводы по примеру, показанному на **рис. 45**, и быстро припаивают вместе с флюсом. Это лучше всего получается с припоем ПОС-61 диаметром 0,5 мм, с которым ещё удобно паять SMD-элементы.

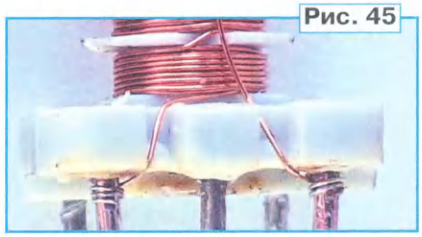


Рис. 45

Наибольшая добротность получается при полном введении подстроечника. При этом индуктивность будет около 150 мкГн. Расчётная индуктивность — 137...140 мкГн при добротности до 180 (при намотке проводом диаметром 0,15 мм). Это хорошие параметры для достижения высокого импеданса всего демодулятора (около 7 кОм к транзистору VT91), большого размаха напряжения на диодах и малых искажений при детектировании. Обмотка литцендратом 3×0,05 мм доведёт добротность уверенно до 200.

Для КПИ можно использовать импортные изделия в корпусе с основанием 10×10 мм с увеличенным магнитопроводом, но искажения сложно сделать менее –54 дБ.

Устанавливают все элементы АМ-демодулятора вплоть до КТ2, на месте Т90 временно устанавливают перемычку, на месте конденсатора С111 временно устанавливают КПЕ с максимальной ёмкостью 50...70 пФ.

На транзистор VT90 подают сигнал размахом 20 мВ от измерителя АЧХ, снимают сигнал с КТ2 и настраивают плоскую вершину АЧХ в интервале 15...20 кГц подборкой элементов R804 и С111. При отстройке на 40 кГц затухание должно быть 10 дБ, полоса по уровню –3 дБ — около 30 кГц. Если сопротивление резистора R804 оказалось менее 12 кОм, для налаживания лучше задействовать резистор R803 и оставить оба резистора с сопротивлениями ближе к 20 кОм.

Для понимания работы РУПЧ и АРУ на **рис. 46** показаны формы АЧХ на коллекторе транзистора VT91 (синяя) и АЧХ на диодах демодулятора (жёлтая), масштаб — 10 кГц/дел.

Небольшое преобладание левого пика в АЧХ на КТ90 и небольшой провал выходной АЧХ (на диодах) связаны с подключением щупов (ёмкость — 13 пФ) к ранее настроенному узлу. Но это не меняет сути работы. При налаживании плоской вершины АЧХ на выходе (КТ2) в АЧХ на коллекторе транзистора VT91 (КТ90) образуется провал по центру. Этот провал по ширине составляет 10...15 кГц и не повлияет на спектр полезного сигнала, поступающего на АРУ. Пики в АЧХ при реальной работе останутся за пределами полосы пропускания ФСС. Настроить предельные уровни нужно по провалу коллекторной АЧХ.

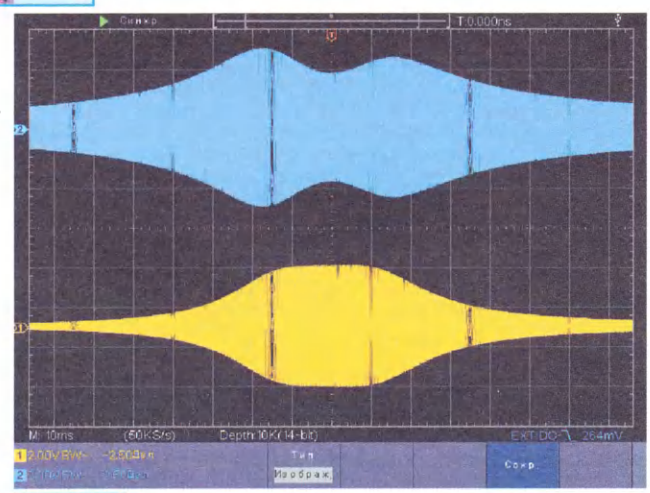


Рис. 46

Заменяют КПЕ на месте С111 постоянным конденсатором, перепроверяют АЧХ на КТ2.

11.1. Согласование РУПЧ с АМ-демодулятором

Оптимальный режим нужно налаживать при напряжении питания 6,3 В, чтобы приёмник не деградировал при низком напряжении. При увеличении напряжения питания параметры только улучшаются. Были получены следующие параметры с РУПЧ и АМ-демодулятором:

— на коллекторе транзистора VT91 наступает ограничение при размахе сигнала 12 В;

— для достижения размаха сигнала 10 В на базу транзистора VT90 нужно подавать сигнал размахом 50 мВ;

— при АМ 30/50/90/100 % с размахом 50 мВ на базе транзистора VT90 на выходе образуется размах НЧ-сигнала 220/320/450/490 мВ и искажения не более –56/–56/–56/–43 дБ. Это предельный режим, когда АРУ уменьшило усиление до минимума;

— при АМ 30 % и размахе сигнала 5 мВ на базе транзистора VT90 на НЧ-выходе присутствуют искажения с уровнем –40 дБ, диоды начинают работать в выпрямительном режиме;

— при АМ 50 % и размахе сигнала 8 мВ на базе транзистора VT90 на НЧ-выходе присутствуют искажения –40 дБ;

— при размахе сигнала 2 мВ на базе транзистора VT90 и АМ 30...50 % искажения составляют –20 дБ, диоды уже вышли из выраженного выпрямительного режима. При реальном радиоприёме это соответствует шумовой дорожке тихого радиоэфира на высоких частотах, и такие искажения не критичны для слуха;

— при АМ 30...50 % и размахе сигнала в пределах 15...25 мВ на базе транзистора VT90 искажения останутся уверенно менее –56 дБ. В этом режиме АРУ должна поддержать радиотракт для достижения качественного радиоприёма.

Из вышеперечисленных отличных результатов нужно сделать следующие выводы для качественного налаживания приёмника:

— АРУ должна начинать действовать при сигнале размахом 3 мВ на базе транзистора VT90;

— детектор АРУ на транзисторе VT40 должен доходить до своего предела при усреднённом (за период модуляции) размахе 25 мВ на базе транзистора VT90, в пиках это размах 50 мВ;

— АРУ должна поддержать уровень АМ-сигналов на базе транзистора VT90 в интервале 8...40 мВ для большинства полезных сигналов, чтобы искажения не были заметны на слух;

— с такими параметрами на выходе АМ-демодулятора будет перепад по громкости около 18 дБ при изменении сигнала от собственного шума (без антенны) до самого мощного сигнала (при АМ 50 %). При приёме в реальном КВ-радиоэфире без помех выходная динамика по громкости будет 10...12 дБ, и

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

это очень комфортно для длительного радиослушания, а также для прогулок по диапазонам.

12. Детектор АРУ и УПТ1

Так как транзистор VT40 (КП301Б) имеет отличные ВЧ-параметры, его работа на частоте 10700 кГц мало отличается от работы на частоте 465 кГц. Но так как его входная ёмкость около 3 пФ, он будет влиять на трансформатор T90, нужно наладить детектор АРУ до его стыковки с ЧМ-ограничителем.

Устанавливают элементы детектора АРУ от элементов C40 до C44 и R48, но без C43. Далее следует установить ранее подобранный транзистор VT40 (см. раздел 5.1.1) и резистором R41 установить напряжение смещения для тока стока 1...2 мкА, при котором на резисторе R44 будет напряжение 27...54 мВ. При R41 = 0 напряжение на КТ40 должно быть менее –0,2 В, и это свидетельствует о достаточной крутизне транзистора VT40.

Подают сигнал без модуляции размахом 50 мВ на частоте 465 кГц на базу транзистора VT90 и измеряют напряжение на КТ40. Оно должно быть около –0,5 В, что в достаточной мере на этом этапе симулирует работу при мощном ЧМ-сигнале. При размахе сигнала 25 мВ на базе транзистора VT90 на КТ40 напряжение должно быть около 1,1...1,2 В. Можно увеличить сопротивление резистора R44 до 39 кОм, если транзистор VT40 не "тянет" напряжение вниз, либо поставить транзистор с большей крутизной (или КП304А). По этим результатам подбирают конденсатор C43, чтобы с резистором R44 образовалась постоянная времени этой цепи 0,4...0,6 с для правильной инерционности АРУ.

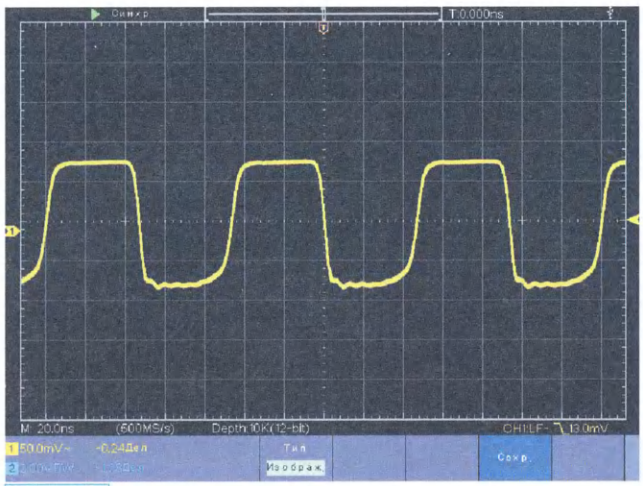


Рис. 47

АРУ должна начать отзываться при подаче сигнала размахом 1 мВ на базу транзистора VT90, при размахе 3 мВ должна быть выраженная реакция — сотни милливольт на КТ40. Если этого нет, у транзистора VT40 установлено слишком большое закрывающее напряжение.

Очень важно наладить детектор АРУ с выбранным типом транзистора, так как это потом нечем скомпенсировать в других узлах.

13. Трансформатор T90 и детектор АРУ

Убирают временно установленные компоненты в обход T90. Трансформатор T90 мотают на каркасе изделия Q-3961 (и подобных) начиная с выходной обмотки 2×2 в четвёртую секцию, считая сверху. Контурную обмотку (17 витков) мотают в трёх верхних секциях, начинают с холодного конца обмотки, в нижней из трёх секций — 5 витков, в двух других — по 6 витков. В изделии Q-3966 контурная обмотка намотана по формуле 5+5+6 снизу вверх, всего 16 витков.

Изделия Q-3994 и АМ-КПИ здесь сработают хорошо, но придётся менять обмотку. Сначала наматывают 2+2 витка симметрично и на них мотают 14 витков. Получится индуктивность около 11 мкГн и с учётом всех монтажных и нагрузочных ёмкостей (15 пФ) C93 = 4,7 пФ для получения резонанса. Для АМ-КПИ (тоже 9...12 мкГн) и Q-3994 нужно увеличить сопротивление резистора R96 до 10 кОм, при этом сопротивление R802 остаётся 1,2 кОм.

Устанавливают контур T90, элементы C93, R96, R802, C101, R101. Вместо транзисторов ограничителя VT100, VT101 временно параллельно резистору R802 устанавливают конденсатор ёмкостью 3,3 пФ. Подавая на базу транзистора VT90 тестовый сигнал размахом 20 мВ на частоте 10700 кГц, настраивают T90 по максимуму сигнала, судя по работе детектора АРУ с умеренным отзывом, резонанс при этом слабый. При подаче тестового сигнала размахом 50 мВ на базу транзистора VT90 напряжение на КТ40 должно уменьшиться до –0,6 В или даже менее. При тестовом ЧМ-сигнале размахом менее 5 мВ отзыв детектора АРУ должен быть минимальным или отсутствовать. Убирают временно установленный конденсатор ёмкостью 3,3 пФ.

14. Ограничитель

На базы ограничительных транзисторов должны поступать противофазные сигналы размахом по 200...500 мВ, максимально по 800 мВ. Резонансный трансформатор T90 не участвует в создании канальной избирательности, он только "исправляет" полуволны сигнала для ограничителя путём резонансного подавления нечётных гармоник на более чем 20 дБ, чётные гармоники и так подавляются за счёт симметрии узла более чем на 26 дБ.

Устанавливают элементы ограничителя от L100, T90 до R105, R106, вместо T120 временно устанавливают перемычки на общий провод. Устанавливают ток коллектора транзистора VT102 1,7 мА подборкой резистора R104. При подаче тестового сигнала частотой 10700 кГц размахом 3...50 мВ на КТ70 на выходе (резистор R96) образуются чёткие импульсы размахом 170 мВ с фронтом и спадом длительностью не более 5 нс (**рис. 47**). Это можно ещё улучшить установкой SMD-дросселя (0805) индуктивностью 3...10 мкГн в цепь коллектора VT102.

15. ЧМ-детектор

Детектор нужно чётко настроить на центр АЧХ сборок ПКФ (по уровню –10...–12 дБ), иначе при отсутствии сигнала показание индикатора приёма будет смещено от центра.

На каркасы КПИ Q-4157 мотают обмотки L121 и L120 — 12+12 витков строго симметрично, L122 — 9 витков равномерно по секциям. С изделием Q-3966(Q-3961) мотают по 9(10) витков, L122 — 7(8) витков. Все обмотки нужно равномерно распределить по всем секциям. Целевая контурная индуктивность равна 4,5 мкГн, паразитная ёмкость строго симметричной обмотки составляет 3,5 пФ. С учётом подключённых узлов и конденсаторов C120, C122 физически набирается расчётная ёмкость контуров по 45 пФ.

Изделие Q-3994 не пригодно по причине большого ТКИ, к нему сложно подобрать конденсаторы с компенсирующим ТКЕ. Заводские КПИ в этом узле плохи тем, что их габаритные катушки имеют незамкнутые магнитопроводы, поэтому они подвержены наводкам от сетевого трансформатора, и это модулирует сигнал диодов. В результате на выходе детектора образуется существенное гудение на частотах 50 Гц, 100 Гц и 150 Гц. Поэтому надо использовать только импортные добротные КВ-КПИ каркасного типа.

Монтируют все элементы ЧМ-демодулятора до C20, R22, но без C21. На коллекторах транзисто-

ров ограничителя присутствуют сигналы размахом по 5 В, и примерно столько же поступает на диоды при правильной настройке, поэтому они работают в выпрямительном режиме, что важно для получения малых искажений.

Налаживание проводят, подавая сигнал с девиацией 75 кГц и тоном 1 кГц для определения искажений, или быстрым сканированием (период 10...80 мс) в диапазоне 10,7±0,8...3,2 МГц для визуализации ФЧХ. Подают тестовый сигнал размахом 30 мВ на базу транзистора VT90. При визуальной настройке НЧ-сигнал или ФЧХ (**рис. 48**, масштаб — 200 кГц/дел., пики на частоте ±300 кГц от центральной частоты) можно уверенно наладить искажения с уровнем ниже –50 дБ.

С помощью DDS-генератора (14 разрядов) и анализатора НЧ-спектра (12 или 14 разрядов) искажения в ЧМ-демодуляторе можно наладить до уровня менее –60 дБ. При правильной настройке по центру АЧХ сборок ПКФ должны совпадать минимум искажений и нулевое положение индикатора настройки.

После первого цикла настроек рекомендуется очистить печатную плату в части демодулятора и установить экран снизу, материал должен быть магнитным, чтобы защитить L120 от наводок сетевого трансформатора. Налаживания повторяют до получения минимальных искажений.

15.1. Более точные измерения

На этом этапе нетрудно провести улучшенные измерения, так как сигнал подаётся на базу транзистора VT90 и АРУ и полосовые фильтры не задействованы. В полностью смонтированном радиотракте нужно деактивировать антишумовой фильтр с помощью низкоомных шунтов (резисторов).

Получение низкого уровня искажений сводится к подавлению паразитной АМ на диодном ЧМ-демодуляторе. Обязательно нужно в T120 и L120 не допустить неравномерности АЧХ и в этой детали часто скрывается плохое качество приёмников.

T120 и L120 работают как двухконтурный LC-фильтр с сильной связью. При простой начальной настройке по минимуму искажений была "попутно" настроена АЧХ (**рис. 49**, масштаб — 100 кГц/дел.).

Чтобы это утверждение подтвердить, на КПИ L120 был нанесён один вспомогательный виток в нижней части каркаса для отбора сигнала к щупу осциллографа, что почти не повлияло на настройки демодулятора.

Плоская вершина АЧХ имеет протяжённость 350 кГц, и полезный спектр не подвергается паразитной АМ в фазовращателе. По центру АЧХ фаза между контурами составляет 90°, и напряжение первого контура (T120) подаётся на центральный отвод у L120 и поступает на оба диода.

КПИ L120 подаёт на диоды такое же напряжение, но с разницей по фазе. Соответственно при сигнале на центральной частоте диоды "выдают" противоположные по знаку напряжения на резистивный сумматор, и на выходе будет нулевое напряжение. На **рис. 50** (масштаб — 100 кГц/дел.) показаны напряжения на выходе диодов (синяя и жёлтая кривые).

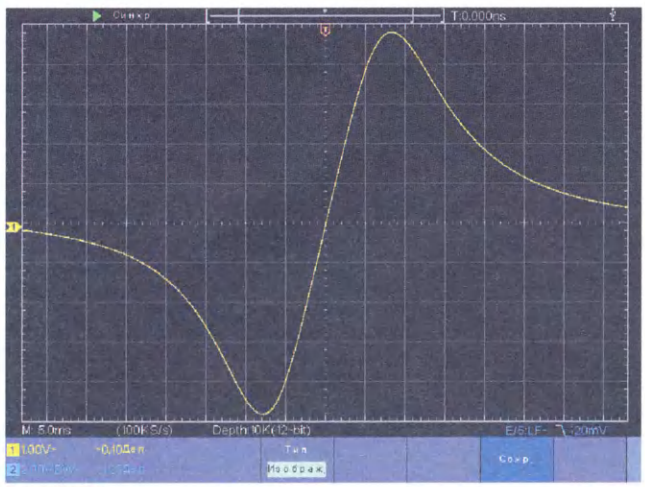


Рис. 48

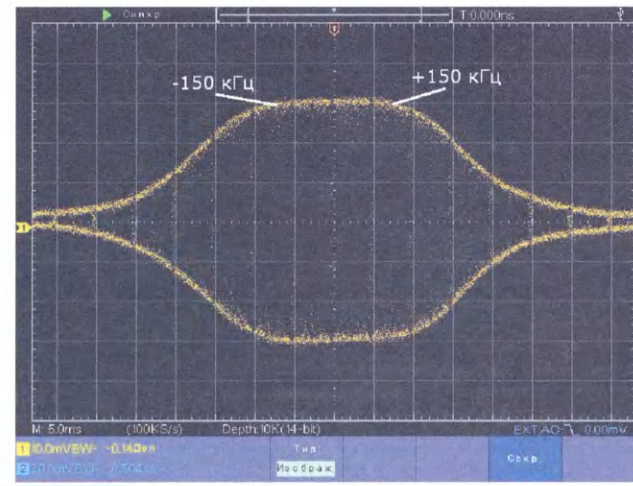


Рис. 49

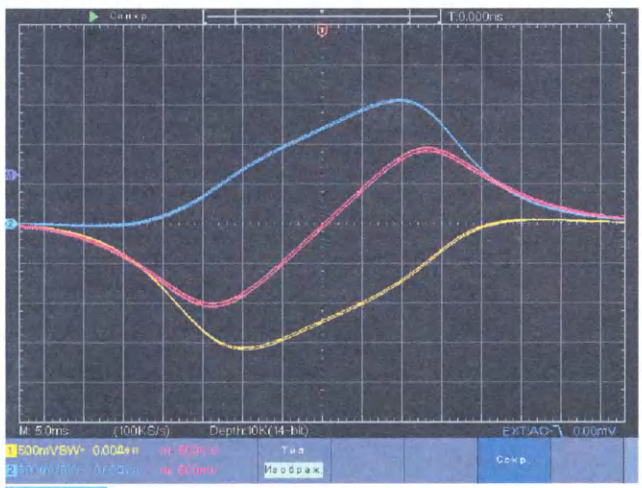


Рис. 50

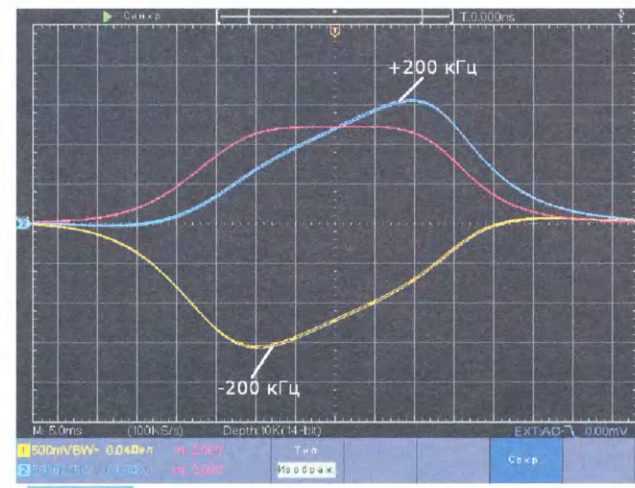


Рис. 51

Хорошо видна ровная вершина АЧХ с наклоном, что в сумме (фиолетовая кривая) даст прямую наклонную линию в области вблизи центральной частоты. Отклонение от линейности — 0,1 %, и это легко настроить.

Если показать разницу каналов, получается та же АЧХ двухконтурного фильтра (**рис. 51**, фиолетовая кривая).

Этот демодулятор можно настроить с помощью цифрового осциллографа с функциями Y1+Y2 или Y1-Y2 по признаку полосового фильтра. Связь контуров зависит от введённой ёмкости конденсатора C121. Надо настроить плоскую вершину, полоса пропускания по уровню –3 дБ должна быть в 2...3 раза шире, чем полезный спектр ЧМ-сигнала, — это 300...450 кГц. Добротность одного контура должна быть около 30, при параметрах контура 46 пФ и 4,8 мкГн нужно параллельно им установить резисторы сопротивлением около 10 кОм. В состав этого сопротивления входит выходной импеданс транзисторов (десятки килоом для серии КТ368 и КТ316Д) и нагрузка диодов (около 20 кОм).

Более узкая полоса приводит к увеличению выходного напряжения в ущерб линейности. Искажения на уровне менее –60 дБ не слышны, поэтому уменьшать крутизну для их снижения нет смысла. При уровне сигналов в радиотракте размахом 20 мВ на КТ70 искажения не превышают –60 дБ (**рис. 52**).

Эти искажения не растут даже при отстройке радиоприёма от центральной частоты на ±30 кГц, что делает ручную настройку приёмника очень комфортной, а температурный дрейф частоты УКВ-гетеродина не критичен.

При ЧМ-сигнале на пороге срабатывания АРУ (размах сигнала 500 мкВ на КТ70) будет НЧ-спектр, показанный на **рис. 53**, т. е. приёмник воспроизводит слабый сигнал без заметных искажений.

При работе приёмника внешние шумы от антенны пополняют шумовую дорожку, и искажения при слабых сигналах всегда будут ниже уровня шума. У многих приёмников при слабом сигнале существенно растут искажения до –20...–12 дБ, и слабые сигналы теряют разборчивость. Это чаще всего связано с малым размахом сигнала на диодах и искривлением АЧХ при работе АРУ или от "кривых" диодных ограничителей, параллельных LC-контурам.

Последним измерением проверяют изменение постоянного напряжения на резисторе R22 при отстройке на ±100 кГц от центральной частоты. Оно должно быть ±75...100 мВ. Это можно скорректировать резистором R22, если транзистор VT30 подобран с большим коэффициентом передачи тока базы.

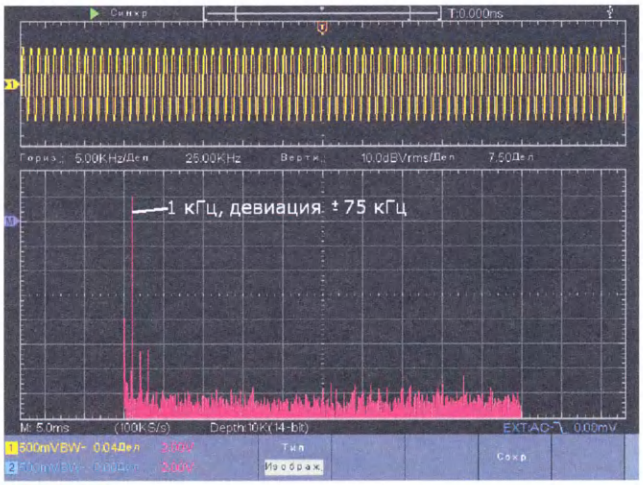


Рис. 52

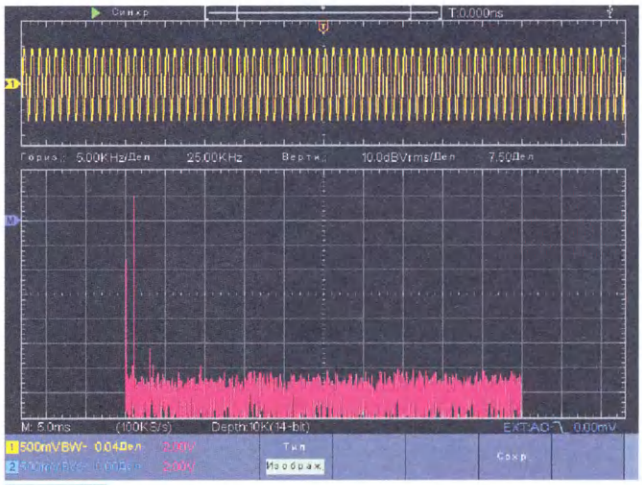


Рис. 53

16. Индикатор приёма ЧМ и узел НЧ

Для транзистора VT30 принципиально важен крайне большой коэффициент передачи тока базы при токе коллектора 10 мкА. Поэтому, кроме транзисторов КТ342В и КТ3102Е, мало что подойдёт.

Номинал резистора R30 зависит от выбранных типов транзисторов VT30, VT3, и мало от конкретных экземпляров, дело в напряжении $U_{бэ}$ для каждого типа транзистора.

Монтируют элементы УПТ, на месте R30 временно устанавливают переменный резистор сопротивлением 22 кОм, движок резистора R33 — в среднем положении. Переменным резистором устанавливают ток примерно 100 мкА на контактах XT23, XT22. Заменяют переменный резистор постоянным с аналогичным сопротивлением, при повторении узла с такими же транзисторами можно сразу установить такой резистор. Резистором R33 точно устанавливают ток 100 мкА при отсутствии радиосигнала (КТ1 соединить с общим проводом).

Монтируют НЧ-узел, начиная с элементов C22 и C23. К выходу (контакты XT25, XT38) временно подключают нагрузку — выводной резистор сопротивлением 10 кОм. В соответствии с выбранным дросселем L20 подбирают конденсаторы C122, C123 из керамики NP0 для получения резонанса на частоте 9,5 кГц. Затухание на частотах 9 кГц и 10 кГц должно быть 20 дБ. При настройке резонанса на частоту 9 кГц затухание доходит до 33 дБ. При включённом фильтре АЧХ по НЧ ограничена полосой 6,3(7,8) кГц по уровню –3(–10) дБ, что иногда полезно использовать при речевых передачах на УКВ, да и на АМ уменьшается шумовой фон при речевых передачах.

Нужно подобрать конденсатор C21, его "правильный" номинал — 2,7 нФ для постоянной времени 50 мкс, что можно легко проверить с помощью импульсной модуляции по длительности фронтов выходного сигнала. Однако с учётом реальной акустики приёмника более правильным номиналом оказался 1,2 нФ в пользу высоких частот. Частота среза такого ФНЧ составляет тогда 7 кГц вместо 3,1 кГц (согласно нормам).

От редакции**. Файлы для изготовления печатной платы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2025/11/trakt-4.zip на нашем FTP-сервере.

(Окончание следует)

Новая жизнь магнитолы

В. ПЫШНОВ, г. Ростов-на-Дону

При перемещениях по дому и домашних работах захотелось иметь рядом с собой более-менее качественный переносной источник стереозвука. Bluetooth-устройства, реализуемые на рынке, не радовали слух меломана с 30-летним опытом. В результате, спустя некоторое время, затраченное на размышления, были сформированы следующие требования к устройству:

— основной режим — Bluetooth, меньший приоритет у карт памяти, радиоприёмник не нужен;

— продолжительность работы — не менее 12 ч от встроенной батареи питания при средней громкости;

— использование сети 230 В для питания и зарядки батареи, причём переключение с автономного питания на сетевое должно происходить без нарушения режима работы устройства;

— полуавтоматический режим зарядки батарей для продления их службы;

— параметры звучания — первого или второго класса стандарта радиоаппаратуры СССР;

— модульность конструкции для проведения возможных усовершенствований;

— автоматическое отключение, если устройство не используется;

— контроль за состоянием батареи;

— устройство расширения стереобазы для улучшения качества звучания.

Поиск устройств с такими параметрами в обычных и интернет-магазинах привёл к выводу о невозможности или нежелании приобретения найденных устройств. Поэтому для реализации задуманного было принято решение взять за основу стерео-

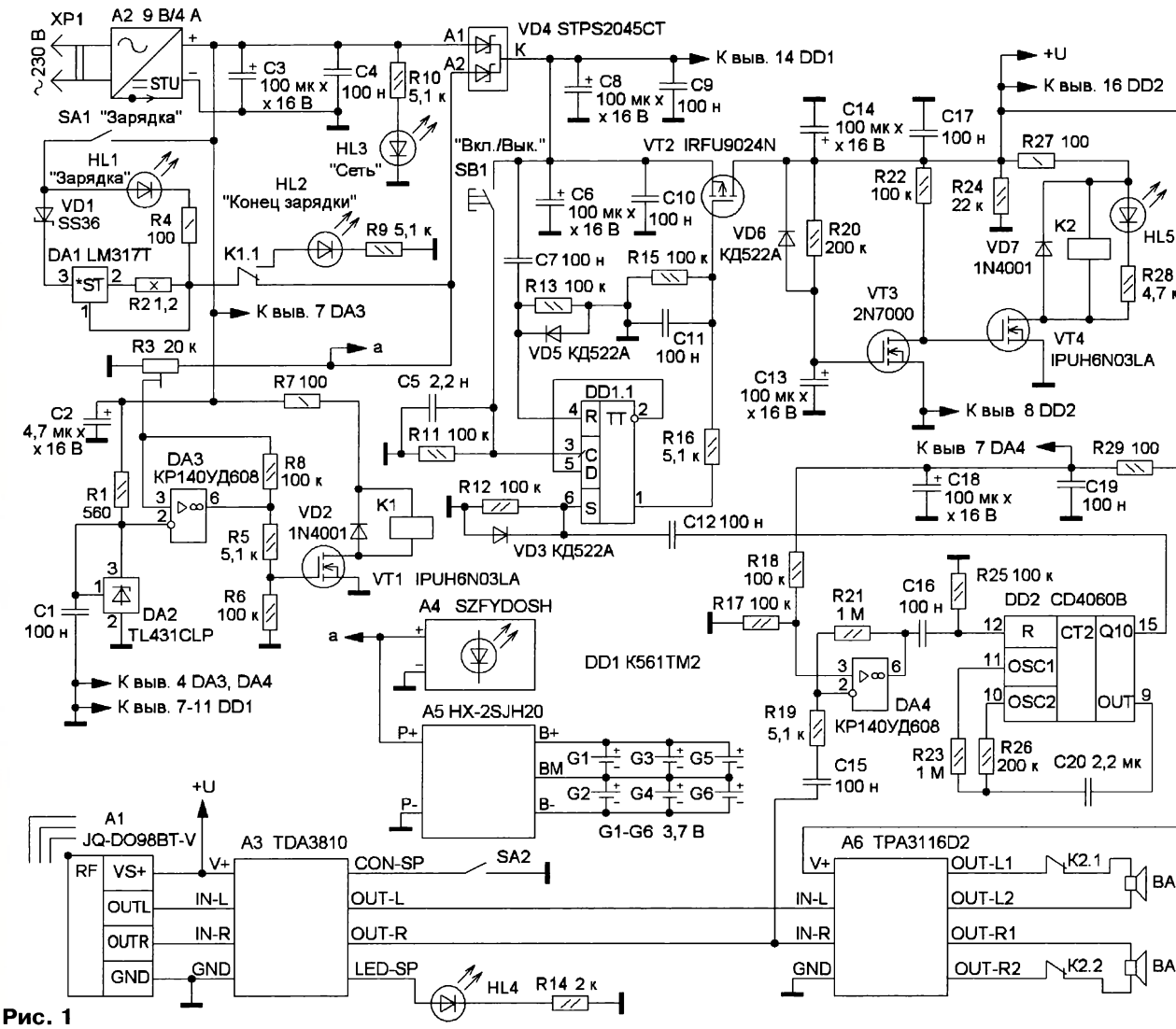


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

магнитолу SONY CFS-B31L, которая 10 лет (а может, и больше) пролежала без дела. Вначале был рассмотрен упрощённый вариант модернизации с демонтажом кассетного привода и подключением Bluetooth-модуля к штатному усилителю воспроизведения с изменением корректирующих цепей, как описано в [1], а также развязкой Bluetooth-модуля по питанию с использованием DC-DC преобразователя напряжения B0905S или аналогичного.

После изучения схемы магнитолы предварительный усилитель на микросхеме BA3420AL не понравился, а УМ на микросхеме TA8229 с выходной мощностью 2,5 Вт на канал (при напряжении питания 9 В, сопротивлении нагрузки 4 Ом, КНИ = 10 % на частоте 1 кГц) вообще расстроил. К тому же ЖКИ радиоприёмника почернел от времени и ремонту не подлежал. Всё вышеперечисленное привело автора к выводу, что потребуется коренная переделка изделия (в итоге от оригинального устройства остался только корпус).

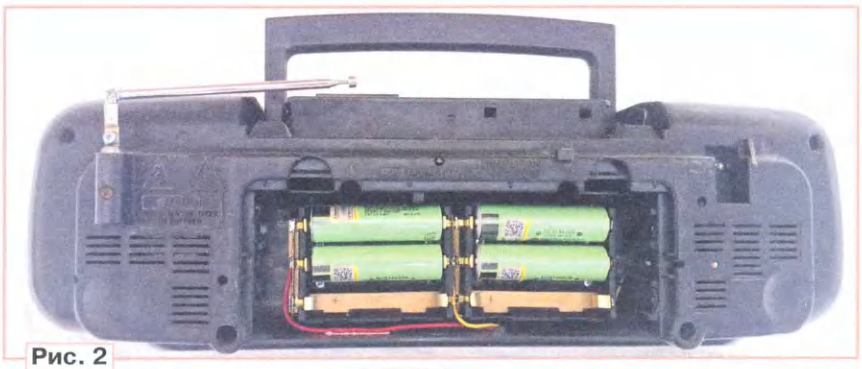


Рис. 2

Схема модернизированного варианта устройства показана на **рис. 1**. Аккумуляторная батарея состоит из четырёх аккумуляторов G1—G4 типоразмера 18650 [2] — по два аккумулятора, соединённых параллельно, включены последовательно (2S). A5 — устройство защиты и балансировки HX-2SJH20 [3]. Но имеются ещё два посадочных места для двух дополнительных аккумуляторов G5, G6.

Держатели аккумуляторов [4] размещены в батарейном отсеке магнитолы (**рис. 2**).

Для контроля текущего напряжения батареи (косвенно — её ёмкости) используется светодиодный индикатор A4 для 2S с маркировкой SZFYDOSH [5]. Он размещён на верхней панели магнитолы взамен ЖКИ (**рис. 3**). Продолжительность работы устройства от четырёх аккумуляторов при средней громкости — до пяти дней при ежедневной работе по 4...5 ч.

Для питания от сети 230 В и зарядки аккумуляторов использован ИБП A2 (9В/4А), в корпусе которого сделаны отверстия для лучшей вентиляции. Зарядное устройство сделано по полуавтоматической схеме для максимального уменьшения числа циклов зарядки/разрядки [6] по принципу "надо зарядить — заряжаем вручную, но процесс контролирует автомат". Зарядный ток задаёт микросхема DA1 и резистор R2, — примерно 800 мА в начале и 200 мА в конце. Отключение зарядки батареи происходит по достижении напряжения 8,1 В (это значение выбрано для сохранения ресурса аккумуляторов [6]) с помощью ОУ DA3, включённого как компаратор напряжения с гистерезисом. По достижении указанного напряжения компаратор переключается, реле срабатывает, зарядка прекращается, и включается индикаторный светодиод HL2. Диод VD1 предотвращает разрядку батареи в автономном режиме через микросхему DA1 при замкнутом выключателе SA1.

Первоначально автором было собрано устройство расширения стереобазы на микросхеме К157УД2, применённое в магнитоле "Весна-М212С-4". Звучание субъективно не очень понравилось, пришлось обратиться к проверенной в конце прошлого века схеме на основе аналогового процессора обработки звука TDA3810. Схема устройства расширения стереобазы показана на **рис. 4**. Оно выполнено в виде отдельного модуля, что позволяет заменить его другим или совсем исключить. Чертёж печатной платы показан на **рис. 5**. В устройстве оно было собрано на макетной плате.

Рис. 3

Переключение питания устройства с сетевого на батарейное и наоборот происходит автоматически благодаря диодной сборке VD4. Управление включе-

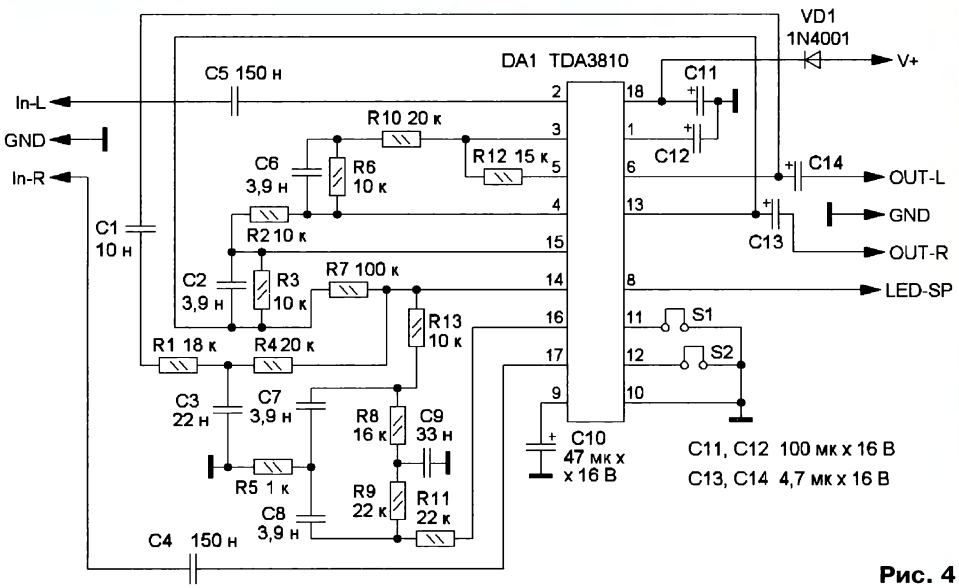


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2025

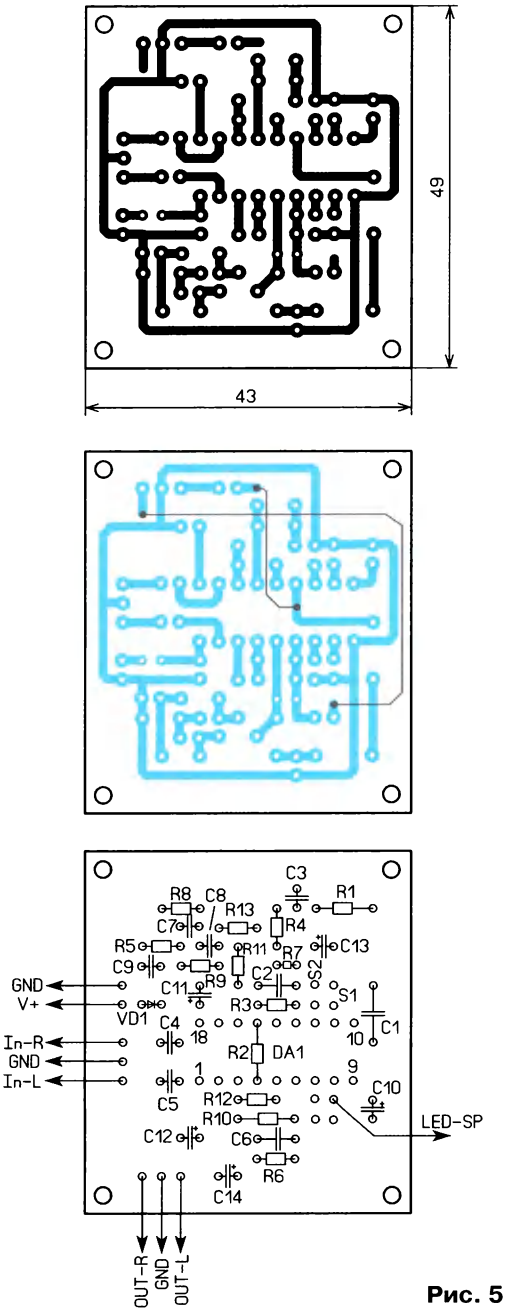


Рис. 5

нием/выключением осуществляется посредством кнопки SB1 работающим в счётном режиме триггером DD1 и транзистором VT2.

Идея автоматического выключения устройства взята из [7] и реализована следующим образом. Пока звуковой сигнал присутствует на входе правого канала УМ, он усиливается ОУ DA4. В результате на вход R счётчика DD2 периодически поступает высокий уровень, что сбрасывает его в начало счёта. Когда звуковой сигнал пропадает, на входе R счётчика будет лог. 0, и примерно через 5 мин на его выходе Q10 (вывод 15 DD2) появляется высокий уровень, который через конденсатор C11 устанавливает триггер DD1.1 в состояние с лог. 1 на прямом выходе. В результате транзистор VT2 закрывается, отключая питание большинства элементов устройства. Автоматическое отключение питания было сделано потому, что при отсутствии звукового сигнала устройство потребляет ток около 100 мА, что автор посчитал слишком расточительным. Используя разные выходы счётчика DD2 и изменяя параметры элементов времязадающей цепи R23R26C20, можно добиться желаемого времени отключения. Чертёж платы узла автоматического выключения показан на **рис. 6**.

В устройстве применён УМЗЧ на микросхеме TPA3116D2, который был выбран из нескольких вариантов УМЗЧ класса D. УМЗЧ на микросхеме TPA3116D2 устойчиво работает при напряжении питания 5,5 В, имеет относительно хорошие параметры воспроизведения звука (КНИ+шум = 0,1 %, выходная мощность — до 25 Вт). При его приобретении [8] советую выбирать вариант в комплекте с теплоотводом, устанавливаемым самостоятельно, что даёт возможность убедиться, что смонтирована действительно микросхема TPA3116D2, а не её упрощённый аналог.

Штатные динамические головки магнитолы никак не стыковались с новым УМЗЧ, поэтому потребовалась модернизация и здесь. Выбор пал на подходящие по размеру двухполосные автомобильные динамические головки DCA-K402 (4 Ом, диаметр — 10 см) с внушительными маркетинговыми характеристиками — 100 Вт, 90 дБ. Лишний раз

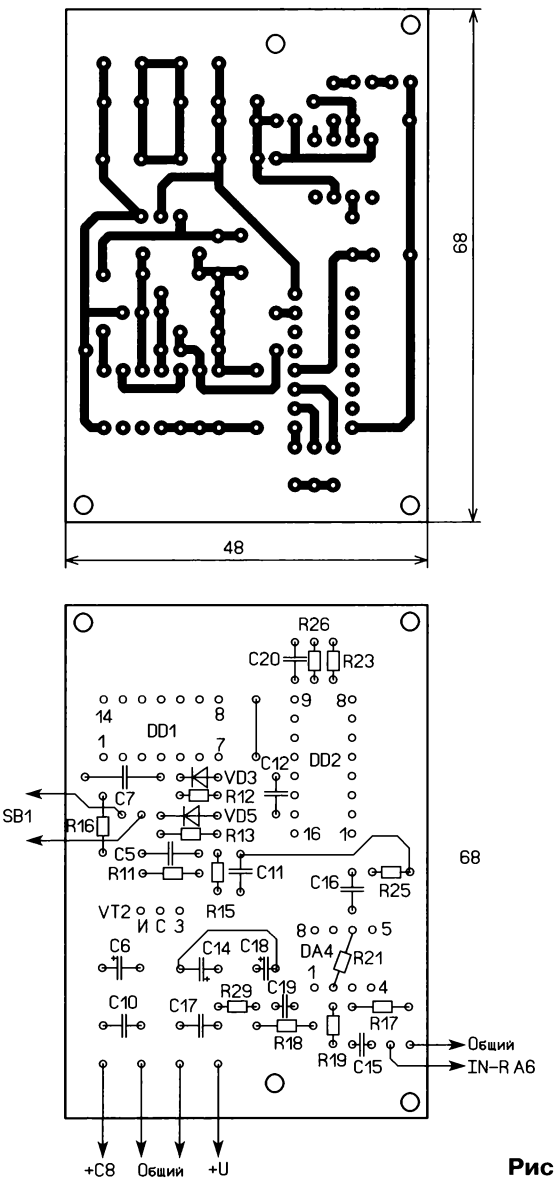
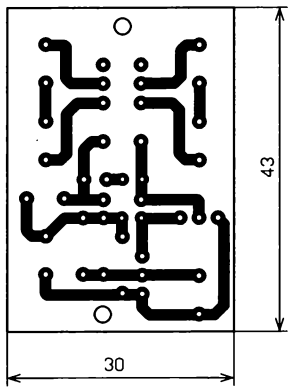


Рис. 6

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



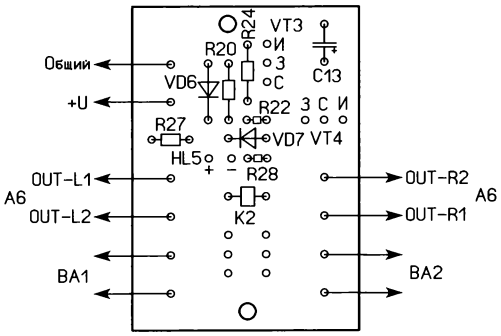


Рис. 7

Рис. 8

пришлось убедиться, что бренд есть бренд. Корпус магнитолы при воспроизведении не дребезжит, призвуков и скрипов нет.

При включении устройства прослушивались громкие щелчки переходных процессов, что автора не порадовало. Поэтому был собран простой модуль отключения динамических головок на первые 4 с после включения устройства, который собран на транзисторах VT3, VT4 и реле K2. Чертёж печатной платы этого модуля показан на **рис. 7**, но его можно собрать на макетной плате. В устройстве применены реле TQ2-5V.

В устройстве был применён комплексный модуль A1 [9] (JQ-DO98BT-V, MP3, FLAC-декодер, FM-radio, Bluetooth, пульт). Он понравился по качеству звука через Bluetooth. Были опробованы аналогичные модули, но они не подошли по качеству звучания. Модуль размещён на передней панели магнитолы, для этого в ней сделано отверстие соответствующей формы (**рис. 8**).

Устройство, собранное правильно из исправных компонентов, требует налаживания только порога отключения зарядного устройства. Для этого надо правый по схеме вывод резистора R3 (движок предварительно установить в крайне левое по схеме положение) подключить к плюсовому выводу конденсатора C2 и подать на него напряжение 8,1 В от лабораторного блока питания. Плавно вращая движок резистора R3, добиваются срабатывания реле K1. Изменяя напряжение лабораторного блока питания, убеждаются в точности установки порога и наличия гистерезиса при переключении. Размещение узлов в корпусе магнитолы показано на **рис. 9**.

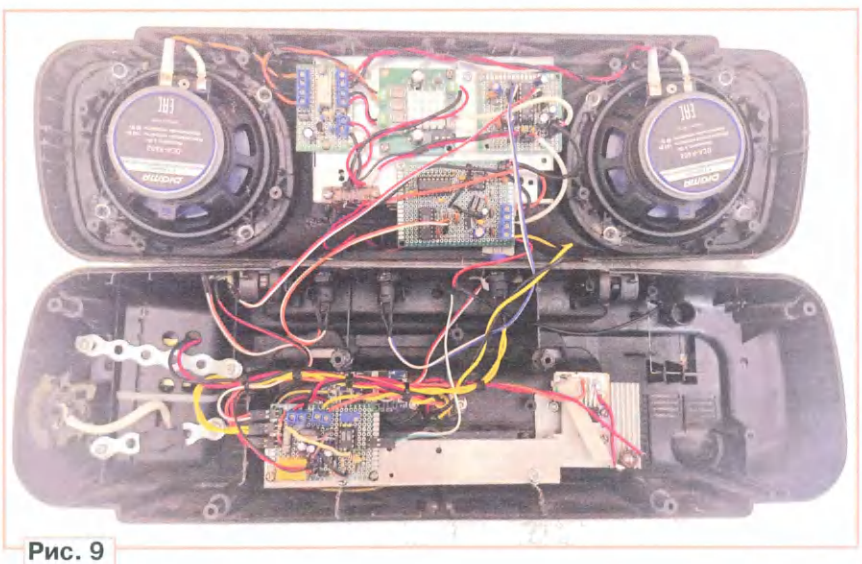


Рис. 9

В результате проведённой работы получено устройство для воспроизведения звука, полностью удовлетворяющее автора. Модульный принцип построения позволяет добавлять, удалять и модернизировать компоненты устройства по вкусу будущего владельца.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лыжин Р.** Старая магнитола — активная АС для компьютера. — Радиоконструктор, 2016, № 1, с. 9—11.

2. VariCore NCR18650B литиевая перезаряжаемая батарея. — URL: **https://sl.aliexpress.ru/p?key=t0dk3D4** (12.09.25).

3. Защитная плата BMS для литиевых аккумуляторов 18650. — URL: **https://sl.aliexpress.ru/p?key=Cpdk3eJ** (12.09.25).

4. Внешний аккумулятор, 18650 отсек для батарей поверхностного монтажа. — URL: **https://sl.aliexpress.ru/p?key=Oedk3s3** (12.09.25).

5. Тестер ёмкости батарей SZFY-DOSH 1S-7S 3.7-29.4В. — URL: **https://sl.aliexpress.ru/p?key=lodk3D0** (12.09.25).

6. BU-808: How to Prolong Lithium-based Batteries. — URL: **https://batteryuniversity.com/article/bu-808-how-to-prolong-lithium-based-batteries** (12.09.25).

7. **Горчук Н. В.** Автоматический выключатель для усилителя мощности НЧ РК-08-16. — Радиоконструктор, 2016, № 8, с. 6, 7.

8. Цифровой аудиоусилитель TPA3116 50Вт+50Вт. — URL: **https://sl.aliexpress.ru/p?key=Y6dk3TU** (12.09.25).

9. Беспроводной MP3-плеер Bluetooth 5.0. — URL: **https://sl.aliexpress.ru/p?key=u6dk3tU** (12.09.25).

От редакции. *Чертежи печатных плат находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/11/magnitola.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Вольтметр действующего и средневыпрямленного значений напряжения в звуковом диапазоне частот с цветным дисплеем и батарейным питанием

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

Как уже упоминалось выше, программу можно загрузить в МК с помощью USB DEBUG адаптера. Для тех, кто захочет самостоятельно написать свою программу, ниже приведены её некоторые ключевые моменты. Написание программы проводилось в среде Simplisity Studio V4.1.7 на языке C Keil 8051 V9.54.0. Программу условно можно разделить на две части. Первая — это инициализация всех периферийных устройств МК, вторая — собственно сама программа.

Для инициализации устройств МК необходимо войти в общее меню настроек Default Mode Peripherals (**рис. 23**). Необходимые устройства для работы программы отмечены галочками. В самом начале необходимо войти в подменю высокоскоростных тактовых генераторов (HFOSC0/1) и включить генератор HFOSC1 частотой 72 МГц (**рис. 24**). Далее необходимо зайти в подменю Clock Control (**рис. 25**), выбрать источник тактирования МК как Internal High Frequency Oscillator 1 и задать равным единице коэффициент деления тактовой частоты (SYSCLK/1). В этом случае системная тактовая частота (SYSCLK) становится равной 72 МГц. Далее необходимо зайти в подменю Core (**рис. 26**) и выбрать опцию скорости (частоты) чтения флеш-памяти менее 75 МГц (SYSCLK is below 75 MHz). Эти три опции необходимо выбрать в самом начале, иначе все остальные настройки будут давать ошибки. Далее необходимо, войдя в подменю ADC0, настроить АЦП, как показано на **рис. 27**. Здесь следует обратить внимание, что коммутатор каналов установлен на ADC0.1 (вывод порта P0.2) — это порт, на который подаётся сигнал, предназначенный для измерения напряжения, полученного от AD737 (см. рис. 1). Кроме того, включён внутренний источник образцового напряжения VREF (1,65 В),

Рис. 23

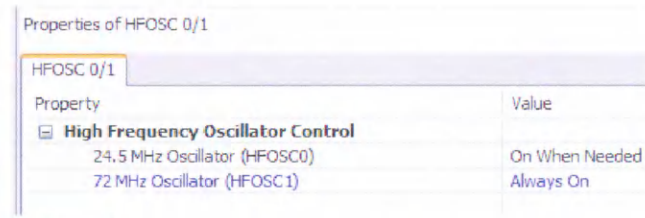


Рис. 24

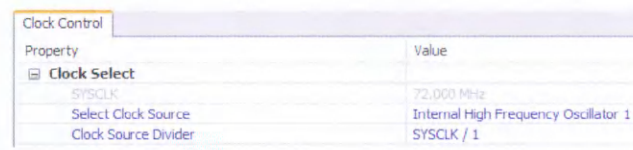


Рис. 25

Рис. 26

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2025, № 9, 10

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 27

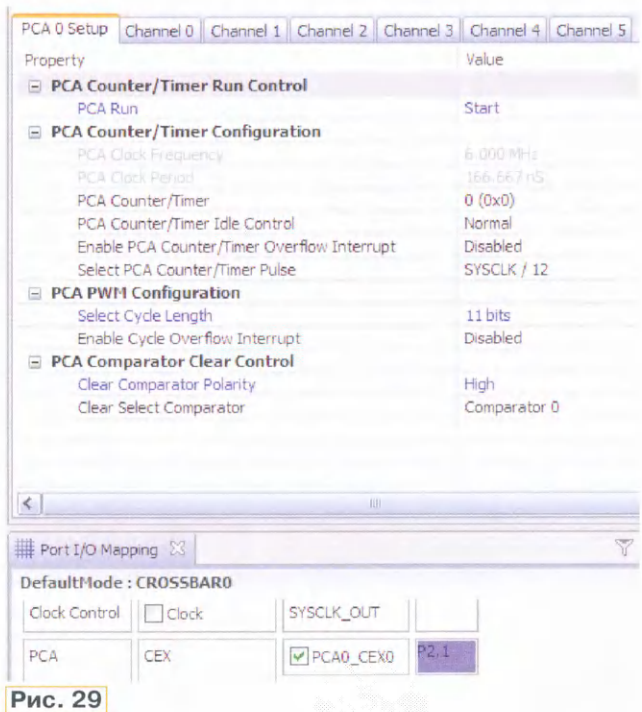


Рис. 29

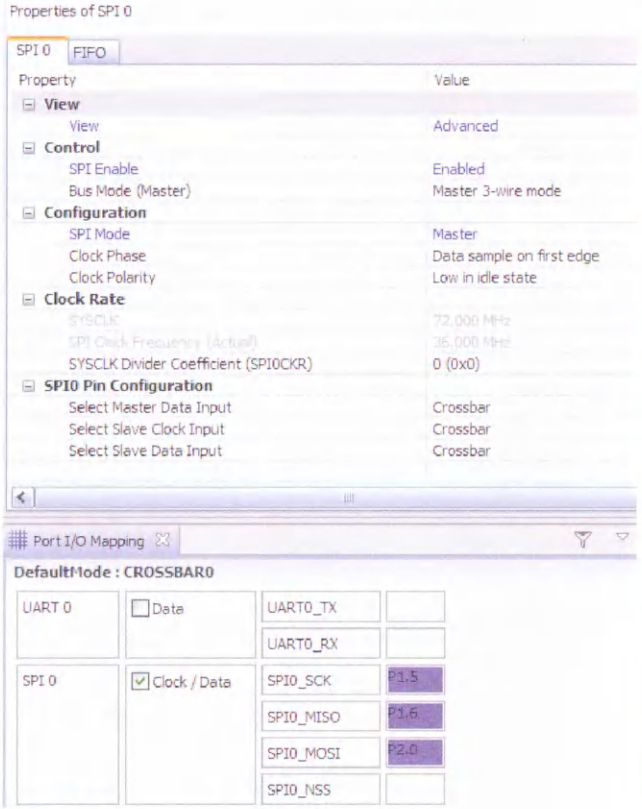


Рис. 28

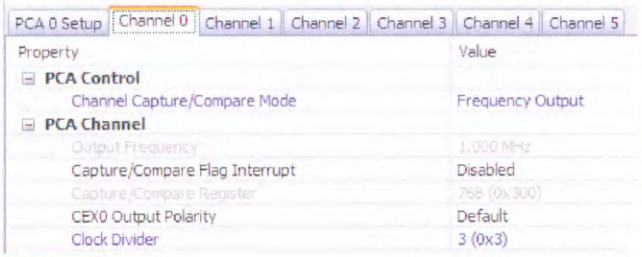


Рис. 30

установлен коэффициент усиления внутреннего ОУ 0,75 (0.75x gain), в связи с чем максимальное входное напряжение — 2,2 В (2.200). Также следует выбрать значение делителя тактовой частоты равным 4, в связи с чем на АЦП будет подаваться частота 18 МГц, а время одного такта АЦП будет 1,167 мкс (1.167us). Остальные опции установить так, как указано на рис. 27. Далее необходимо войти в подменю настройки интерфейса SPI и выбрать опции, показанные на **рис. 28**. Здесь необходимо установить нулевое значение делителя системной тактовой частоты (SPI0CKR), в связи с чем тактовая частота SPI будет 36 МГц (36.000 MHz), а скорость обмена — почти 36 Мбод. Такую скорость обмена легко поддерживает дисплей. Кроме того, необходимо установить галочку в квадрате Clock/Data, чтобы сигналы SPI выводились в соответствующие порты МК. Остальные опции установить как на рис. 28.

Далее следует настроить опции программируемого массива счётчиков (PCA), войдя в подменю PCA и настроив эти опции, как указано на **рис. 29**, **рис. 30**. При таких настройках с вывода порта P2.1 будет выводиться

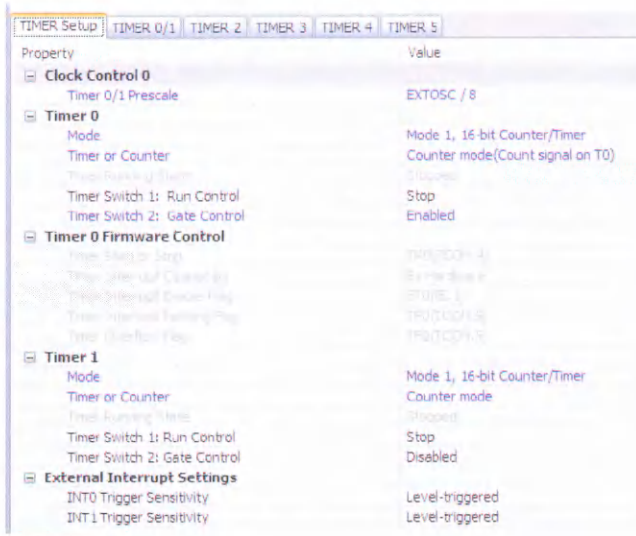


Рис. 31

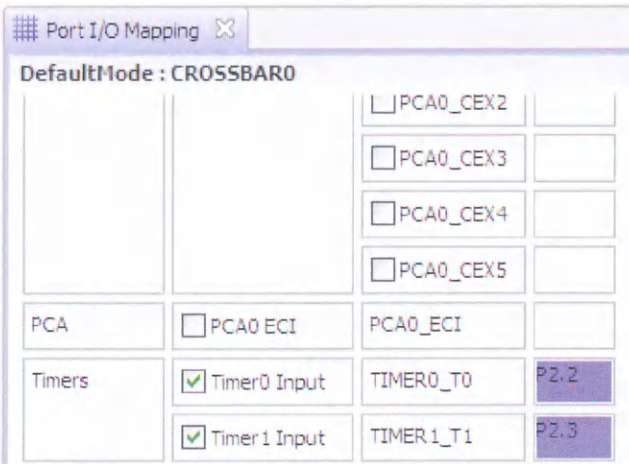


Рис. 32

Рис. 33

частота нулевого канала PCA (PCA0_CEX0), равная 1 МГц (1.000 MHz), которая потребуется для измерения низкой (20...1000 Гц) частоты. Далее необходимо настроить опции работы таймеров-счётчиков T0 и T1, войдя в подменю Timers, и настроить их, как указано на **рис. 31**, **рис. 32**. Они будут работать как счётчики, с их помощью измеряется частота входного сигнала, подаваемого на прибор с генератора. Здесь следует заметить, что опция Gate Control для T0 разрешена (Enabled), а для T1 запрещена (Disabled). Это означает, что T1 будет просто считать входные импульсы при разрешении счёта битом TR1 (когда TR1=1), а для счёта T0, помимо TR0=1, потребуется ещё высокий уровень на входе Gate (Int0=1) (**рис. 33**).

Рис. 34

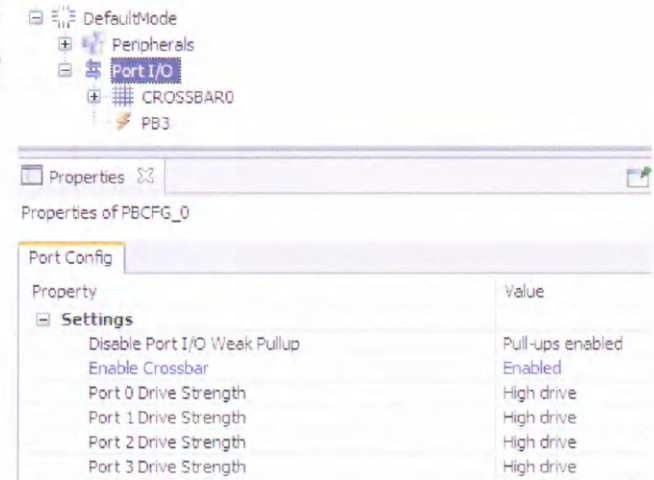


Рис. 35

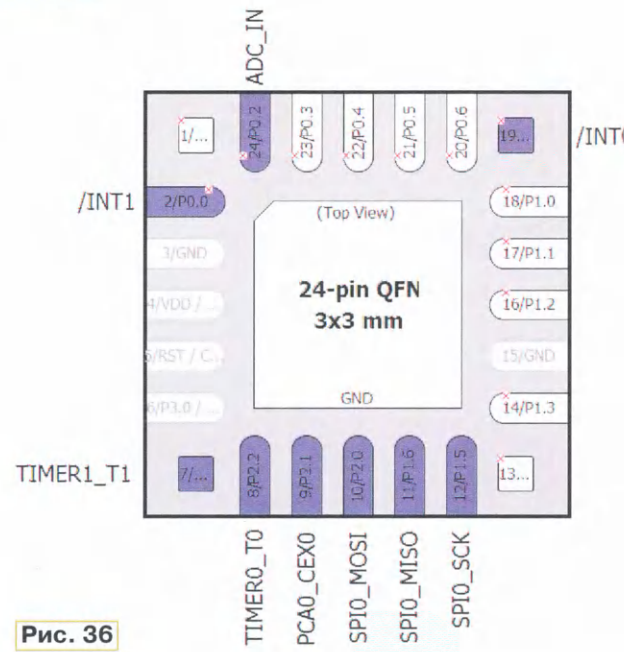


Рис. 36

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Далее следует настроить таймер-счётчик T4, войдя в подменю Timer4, и настроить его, как указано на **рис. 34**. Здесь следует обратить внимание, что T4 будет работать как таймер с перезагрузкой с частотой 2 Гц. Это потребуется для установки точного времени задержки в 0,5 с при измерении низкой частоты.

Таблица 1

```
sbit CAV=P0^5; //Cav
sbit KN=P0^6; //KN
sbit DIAP0=P1^0;//DIAP0
sbit DIAP1=P1^1;//DIAP1
sbit CSD=P1^2; //CSD
sbit DC=P1^3; //DC
sbit RES=P1^4; //RES
sbit ENT0=P0^7; //Int0
```

Таблица 2

```
union {
 uint16_t US; // U.UB[0]- Ст.б.
 uint8_t UB[1];// U.UB[1]- Мл.б.
} U;// U.US-2-байтное ushort число
```

Таблица 3

```
//-------------------------
void T405S() { //Точная задержка в 0,5 сек
 SFRPAGE = 0x10; //Установка страницы памяти для T4
 TMR4CN0_TR4 = 1; //Запуск T4
 while (!TMR4CN0_TF4H);//Ждём установки флага TF4
 TMR4CN0=TMR4CN0&0x7b; // Обнуление TF4 и остановка T4 TR4=0
 SFRPAGE = 0x00; //Восстановление 0-й страницы
}
//----------------
```

После этого следует настроить опции внешних прерываний, войдя в подменю External Interrupts и настроив их, как указано на рис. 33. Это потребуется для измерения низкой частоты. И последнее, что следует сделать, это разрешить матрицу соединений (**рис. 35**). Здесь необходимо заметить, что в портах с цифровыми входами выбрана опция Pull-ups enabled — разрешение слаботоковых подтяжек (к напряжению питания). В остальных опциях, отмеченных галочками на рис. 23, следует установить: Interrupts — запретить, PMU, Supply Monitor, Voltage Regulator — разрешить, Watchdog Timer — запретить. Для настройки портов МК необходимо войти в меню Default Mode Portl/O. При этом на экран выводится рисунок корпуса МК со всеми портами, которые необходимо настроить, как указано на **рис. 36**, передвигая сигналы необходимых устройств с помощью опций skip. Передвинутые порты указаны на рис. 36 красными крестиками. Порты P0.1, P0.2 и P0.4 следует настроить как аналоговые входы/выходы (Analog I/O); порты P0.5, P1.2, P1.3, P1.4, P1.5 (SPI0_SCK), P2.0 (SPI0_MOSI), P2.1 (PCA0_CEX0) настроить как цифровые выходы (Digital Push-Pull Output); все остальные порты настроить как цифровые входы (Digital Open Drain). Таким образом, все порты будут соответствовать схеме МК, показанной на рис. 1 (DD1). Если быть точным, вначале была получена картина портов, показанная на рис. 36, а потом уже на её основе схема DD1 на рис. 1.

После полной настройки периферийных устройств и портов МК необходимо нажать на двойную дискету в верхней левой области экрана в общем меню Simplisity Studio, и на языке С автоматически сгенерируется подпрограмма (п/п) инициализации устройств InitDevice.c, которая также автоматически подключится как п/п к основной программе (Main).

Сначала несколько слов о сути работы программы. В самом начале производится инициализация всех устройств МК, затем — инициализация, очистка дисплея и вывод на дисплей всех переменных с их размерностями. Поскольку о работе дисплея подробно описано в [2], чтобы не повторяться, вывод на дисплей всех показаний опущен. Единственное, что следует отметить, это используемые шрифты. Все шрифты — Clarendon. Для символов (зелёный цвет) — размеры 24×16, для рисунка аккумулятора (жёлтый цвет) — размеры 14×16, для цифр (белый цвет) — размеры 14×16. После этого производится измерение напряжения аккумулятора и индикация его рисунка с сегментами на дисплее. Затем измеряются действующее и среднее напряжения, полученные с AD737, вычисление коэффициента формы и измерение частоты с индикацией на дисплее. Далее в сокращённом виде (без индикации на дисплей) будут приведены упомянутые п/п с комментариями, из которых нетрудно понять их суть. Поскольку некоторые из п/п взяты

Таблица 4

```
//-----Измерение напряжения аккумуляторной батареи-------
void BAT() {
 uint32_t accumulator=0;// accumulator for averaging
 uint32_t result, mV; // mV - measured voltage in mV
 uint16_t rez; // Результат
 uint8_t measurements; // = 8 measurement counter
 ADC0MX = ADC0MX_ADC0MX__ADC0P2; // 2-й канал АЦП
 for (measurements=0;measurements<8; measurements++){
 ADC0CN0_ADINT = 0; //clear ADC0 conv. complete flag
 ADC0CN0_ADBUSY = 1; //Start a conversion by setting ADBUSY
 while (!ADC0CN0_ADINT);// wait conversionComplete
 accumulator += ADC0; // DATA 0BDH ; ADC0 Data Word
 }
 result = accumulator >> 3;
// Vref (mV)/gain(=0,75)
// measurement (mV)=------------------------*result(bits)
// (2^14)-1 (bits)
// Vref = 1,65 V = 1650 mV
// 1650 mV / 0,75 = 2200 mV (2,2 В)
// (2^14)-1 = 16384-1=16383, 2^14=16384
 mV = (result * 2200) >> 14;
 rez = mV;
 if (rez < 1500) { // Uакк. < 7,14 В
 .// Вывод пустого аккумулятора
 goto B; }
 if ((rez >=1500)&(rez<=1650)){//7,14В<=Uакк.<=7,86В
 . // Вывод 1-го сегмента
 goto B; }
 if ((rez>1650)&(rez<=1800)) {//7,86В<Uакк.<=8,57В
 . // Вывод 2-х сегментов
 goto B; }
 if (rez > 1800) { // Uакк.>8,57В
 // Вывод 3-х сегментов
 .
 }
 B: ;
}
//------------------
```

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Таблица 5

```
//-----Измерение напряжения с выхода AD737-------------
void AD0UF() {
 uint32_t accumulator=0; // accumulator for averaging
 uint32_t result, mV; // mV - measured voltage in mV
 uint8_t measurements, i;// = 8 measurement counter
 ADC0MX = ADC0MX_ADC0MX__ADC0P1; //1-й канал АЦП
 if ((DIAP0 == 1) & (DIAP1 == 1))
 K = 1.0;
 if ((DIAP0 == 1) & (DIAP1 == 0))
 K = 5.0;
 if ((DIAP0 == 0) & (DIAP1 == 1))
 K = 100.0;
 mV = 0;
 for (i = 0; i < 64; i++) {
 accumulator = 0;
 for (measurements = 0; measurements < 64; measurements++) {
 ADC0CN0_ADINT = 0; // clear ADC0 conv. complete flag
 ADC0CN0_ADBUSY = 1; // Start a conversion by setting ADBUSY
 while (!ADC0CN0_ADINT);// wait conversionComplete
 accumulator += ADC0; // DATA 0BDH ; ADC0 Data Word
 }
 result = accumulator / 8;
 mV = mV + result;
 }
 mV = mV / 64;
 UF = (2.2 * mV) / 131071.0; //131072.0 = 2^17
 UF = (UF * K) / 10.0;
}
```

нованную на T4 (она приведена выше). Как указывалось выше, для открывания транзистора (VT1 на рис. 1) на его затвор необходимо подать высокий уровень напряжения, а для закрывания — низкий. Когда транзистор открыт, то ко входу Cav DA2 (выв. 5) подключатся конденсаторы C4 и C5, в AD737 включится блок вычисления действующего значения напряжения, и оно поступит на его выход. Если транзистор закроется, отключая конденсаторы C4 и C5, в AD737 блок вычисления действующего значения напряжения выключится, и на выход поступит средневыпрямленное значение напряжения.

Таблица 6

```
//-----Измерение Ucp.------------
void AD0UC() {
 CAV = 0; //Выключение транзистора
 T405S(); //Задержка в полсекунды
 T405S(); //Задержка в полсекунды
 AD0UF(); //Измерение U с AD737
 UC = UF; //Uc
}
```

Таблица 7

```
//-----Измерение Uд.-------------
void AD0UD() {
 CAV = 1; //Включение транзистора
 T405S(); //Задержка в полсекунды
 T405S(); //Задержка в полсекунды
 T405S(); //Задержка в полсекунды
 T405S(); //Задержка в полсекунды
 AD0UF(); //Измерение U с AD737
 UD = UF; //Uд
}
//---------------
```

из примеров, приведённых в Simplisity Studio, комментарии сохранены в оригинальном виде.

Назначение всех бит портов в соответствии с рис. 1 показано в **табл. 1**. Совмещение массива из двух однобайтных элементов и двухбайтного слова, которое используется во всей программе, — в **табл. 2**. П/п задержки в полсекунды, использующая таймер T4 (см. настройку рис. 34), — в **табл. 3**.

Следует дать пояснения к п/п измерения напряжения и вывода рисунка аккумулятора (**табл. 4**). Здесь необходимо учесть, что напряжение аккумуляторной батареи в АЦП поступает с делителя R19R20 (рис. 1), коэффициент ослабления которого равен R20/(R19+R20) = 2,7/(10 + 2,7) = = 0,21, поэтому пороги измеренного АЦП напряжения равны реальному напряжению, указанному в комментариях. Кроме того, используются все 14 разрядов АЦП, максимальное значение напряжения равно 2,2 В, поскольку выбрано значение образцового напряжения 1,65 В и коэффициент усиления внутреннего ОУ равен 0,75 (см. рис. 27).

В п/п измерения напряжения с выхода DA2 (**табл. 5**) оно измеряется стандартным образом с небольшой передискретизацией (для получения 17 бит), а также с учётом установленного предела, определяемого разрядами DIAP0 и DIAP1. Напряжение измеряется с первого канала АЦП.

П/п измерения среднего и действующего значений напряжения используют предыдущую п/п и п/п задержки в полсекунды, ос-

Таблица 8

```
//----- Измерение частоты на T1 в кГц ---------
void FT1KHZ() {
 TH1 = 0;
 TL1 = 0;
 U.US = 0;
 F = 0;
 TCON_TR1 = 1; //TR1=1 - запуск T1;
 T405S(); //Задержка
 T405S(); //в 1 секунду.
 TCON_TR1 = 0; //TR1=0 - остановка T1;
 U.UB[0] = TH1; // U.UB[0]- Ст.б.
 U.UB[1] = TL1; // U.UB[1]- Мл.б.
 // U.US - 2-байтное ushort число в Гц.
 F = (1.0*U.US)/1000.0;//F(float)-частота в кГц
}
```

Таблица 9

```
//----- Измерение частоты на T0 в Гц ---------
void FT0HZ() {
 float LFT;
 TH0 = 0;
 TL0 = 0;
 LFT = 0.0;
 U.US = 0;
 F = 0.0;
 while (ENT0);
 while (!ENT0);
 while (ENT0);
 while (ENT0);
 NOP();
 NOP();
 NOP();
 TCON_TR0 = 1; //TR0=1 - запуск T0;
 while (!ENT0);
 NOP();
 NOP();
 NOP();
 NOP();
 TCON_TR0 = 0; //TR0=0 - остановка T0;
 U.UB[0] = TH0; //U.UB[0]- Ст.б.
 U.UB[1] = TL0; //U.UB[1]- Мл.б.
 LFT = U.US;
 F = 500000.0/U.US;//Частота в Гц при Fpca=1МГц
}
```

Обе п/п (**табл. 6**, **табл. 7**) используют предыдущую п/п измерения напряжения по первому каналу и п/п задержки в полсекунды, приведённую выше.

В зависимости от частоты сигнала используются две п/п для её измерения: первая предназначена для измерения частоты 1 кГц и выше, вторая — для измерения низкой частоты (20...990 Гц). Способы измерения частоты разные.

Первый способ очень простой и заключается в следующем. Если на вход таймера-счётчика T1, работающего в режиме счётчика, подаётся серия импульсов (например, меандр), то T1 будет считать входные импульсы, если счёт разрешён (бит TR1=1), и остановится, если счёт запрещён (TR1=0). Частота входных импульсов будет численно равна числу импульсов, подсчитанных счётчиком за единицу времени, например, за одну секунду. Если частота равна, например, 1000 Гц, то за одну секунду счётчик насчитает 1000±1 импульс, поскольку синхронизации внешней входной частоты и системной тактовой частоты (SYSCLK), естественно, нет. В этом случае погрешность счёта равна ±1/1000 или 0,1 %, что вполне приемлемо.

При частоте 20 кГц погрешность будет в 20 раз меньше. Но если частота 20 Гц, то погрешность уже составит ±1/20 или 5 %, что непозволительно много. Поэтому в этом случае используется второй способ, который заключается в следующем. Для этого используется таймер-счётчик T0, работающий в режиме счётчика, у которого разрешён Gate Control (см. рис. 31). Это означает, что T0 будет считать при одновременном выполнении двух условий: во-первых, счётчик должен быть запущен (TR0=1), и, во-вторых, на входе INT0 (вывод порта P0.7, который обозначен переменной ENT0 в обозначении всех бит портов, указанных выше) установлен высокий уровень (см. рис. 33). А считать T0 будет входные импульсы, поданные на его вход T0 (вывод порта P2.2) с выхода нулевого канала PCA CEX0 (вывод порта P2.1), поскольку эти выводы МК соединены перемычкой. Частота выходных импульсов с CEX0 в соответствии с рис. 30 равна 1 МГц. Причём, для того чтобы эта частота выводилась с CEX0, даже писать программу не требуется. Она сгенерируется автоматически, поскольку входит в подпрограмму инициализации устройств (InitDevice.c). Но на вход INT0 (вывод порт P0.7, переменная ENT0) подаётся сигнал входной частоты F, полученный с выхода компаратора DA1.2 (см. рис. 1). Поскольку сигнал F представляет собой меандр, половина периода (T=1/F) ENT0 будет находиться в состоянии лог. 1, а половина — в состоянии лог. 0. Это означает, что счётчик T0 будет считать импульсы частотой 1 МГц в первую половину периода (когда ENT0=1) при условии, что счёт разрешён (бит TR0=1). Пусть входная частота равна 1 МГц, и пусть T0 насчитал определённое число импульсов N. Как узнать, какая частота F? Очевидно, что N будет равно половине периода T (T/2 = 1/2F), делённой на период частоты 1 МГц, который равен 1 мкс (10^{-6} с): $N=(T/2)/(10^{-6}) = 1000000/2F$, откуда следует, что $F=1000000/2N$ или:

$$F=500000/N. \quad (5)$$

Пусть F=20 Гц. Тогда T/2 = 1/2F = 1/(2×20 Гц) = 1/40 с. Подсчитаем N: $N = (1/40)/(10^{-6}) = 1000000/40 = 25000\pm1$ импульсов. При этом погрешность равна (1/25000)×100 % = 0,004 %, что вполне приемлемо. Если 25000 подставить вместо N в (5), получим: F=500000/25000=20 Гц, что и требуется.

Теперь о том, как работает п/п счётчика T0 — FT0HZ(). Вначале нужно дождаться момента, когда ENT0 установится в низкий уровень, и запустить счётчик T0 (установить TR0=1), дождаться момента, когда ENT0 установится в высокий уровень (счётчик начнёт считать), дождаться момента, когда ENT0 установится в низкий уровень (счётчик перестанет считать) и остановить счёт (установить TR0=0). Причём установку TR0=1 следует сделать заранее, т. е. задолго до фронта сигнала ENT0, иначе можно оказаться в ситуации, когда ENT0=0 рядом с фронтом, и пока происходит анализ ENT0 и установка TR0=1, пройдёт некоторое время и счётчик начнёт считать чуть позже времени начала фронта, что приведёт к погрешности. Для того, чтобы этого избежать, счётчик следует запускать сразу после того, как происходит переход ENT0 с высокого уровня в низкий, поскольку в этом случае до фронта будет время почти половина периода T. Оператор NOP(); — это оператор, который ничего не выполняет (NOP — No OPeration), но требует времени одного такта работы МК (1/72 МГц). Теперь, после этих пояснений, уже легко понять п/п FT0HZ(). П/п измерения частоты приведены в **табл. 8** и **табл. 9**.

Теперь по поводу основной программы. Она в сокращённом виде (без индикации показаний на дисплее) приведена в **табл. 10**. С учётом вышеизложенного и комментариев, на взгляд автора, её несложно понять.

После трансляции всей программы в окно трансляции (внизу экрана среды Simplisity Studio) выведется сообщение, показанное в **табл. 11**.

Из этого сообщения следует, что программа использует всего 17 байт внутренней оперативной памяти (data=16.1), 90 байт внешней оперативной памяти (xdata=90), а программа занимает всего 8140 байт (code=8140), что чуть меньше 8 кБ (8192 байта). Это означает, что вместо МК с 64 кБ флеш-памяти (EFM8LB12F64), применённого

Таблица 10

```
//Основная программа (main)
 enter_DefaultMode_from_RESET();//Инициализация
 //устройств (InitDevice)
 START:
 CLS();//Инициализация и очистка дисплея
 BAT();//Измерение и индикация напряжения аккум.
 while (KN); //Ожидание нажатия кнопки
 A:
 .//Измерение и индикация действующего значения UD
 .//Измерение и индикация среднего значения UC
 // Вычисление и индикация коэффициента формы KF
 if (UC < 0.001)
 KF = 0.0;
 else
 KF = UD / UC;
 // Индикация KF
 FT1KHZ();// Измерение частоты в кГц
 if (F < 0.990)
 goto FT0;
 FT1KHZ();//Ещё раз измерение частоты в кГц
 . // Вывод частоты в кГц на дисплей
 goto D;
//-------------------------
 FT0: FT0HZ();//Измерение частоты в Гц
 . // Вывод частоты в Гц на дисплей
 D:
 BAT();//Измерение и индикация напряжения аккум.
 if (KN == 0)//Если кнопка нажата - продолжение
 goto A;
 else
 goto START;//Если кнопка отпущена - новое изм.
```

Таблица 11

```
Program Size: data=16.1 xdata=90 const=0 code=8140
LX51 RUN COMPLETE. 0 WARNING(S), 0 ERROR(S)
Finished building target: EFM8LB12F64E-A-QFN24_2.omf
```

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 37

Рис. 38

Рис. 39

Рис. 42

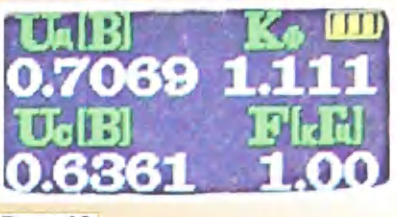


Рис. 40

Рис. 43

Рис. 41

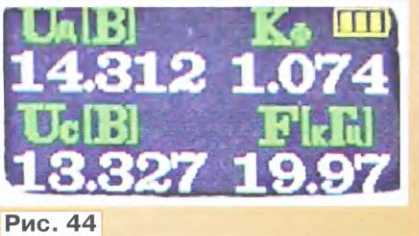


Рис. 44

автором, можно использовать более дешёвые МК с памятью 32 кБ, 16 кБ и даже 8 кБ. Программа использует так называемую Large Model, где все переменные могут располагаться (в том числе) во внешней памяти (xdata).

К результатам работы прибора на первом пределе (**рис. 37**, **рис. 38**) следует также добавить рис. 12, рис. 13 (это тоже первый предел с частотами 20 Гц и 1 кГц). Из анализа результатов можно сделать следующие выводы (**рис. 39 — рис. 44**). На частотах 20 Гц и 1 кГц прибор практически не даёт погрешности по коэффициенту формы ($K_Ф$ = 1,11 или 1,111), поскольку его истинное значение приблизительно равно 1,1107 (см. формулу (3)). Погрешность при $K_Ф$ = 1,11 равна 0,07 %, при $K_Ф$ = 1,111 — 0,03 %. Однако на частоте 20 кГц эта погрешность равна от 2,7 % (1,08 — рис. 38) до 3,3 % (1,074 — рис. 44), что довольно много, хотя, судя по рис. 2, она должна быть намного меньше (по крайней мере, существенно меньше 1 %). На частоте 10 кГц (рис. 37) эта погрешность равна около 1,5 %, (1,094), что также немало. Это означает, что при таких частотах оценивать коэффициент формы, а также $U_Д$ и $U_{СР}$ можно только приблизительно, хотя иногда и этого бывает достаточно. С другой стороны, производители аудиоусилителей в подавляющем большинстве случаев приводят основные их параметры (в том числе КНИ+шум) именно на частоте 1 кГц, поэтому, если измеренный прибором $K_Ф$ на этой частоте имеет погрешность более 0,07 %, это уже погрешность самого усилителя, и прибором вполне можно пользоваться.

Компактность и небольшая масса прибора позволяют брать его с собой для работы, как говорят, в полевых условиях.

От редакции. *Файл для программирования микроконтроллера и чертежи печатных плат находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/11/voltmeter.zip*** *на нашем ftp-сервере.*

По вышеописанной топологии был реализован импульсный источник питания (ИИП) с выходным напряжением 24 В и максимальным выходным током 10 А. Схема блока питания приведена на **рис. 7**. Работает блок питания так.

Напряжение питания 230 В подаётся через термистор RK1, ограничивающий пусковой ток, сетевой фильтр, выполненный на синфазном дросселе L1 и конденсаторах C1—C4, на выпрямительный мост VD1. С выхода этого моста выпрямленное сетевое напряжение поступает на силовую часть конвертера. Одновременно напряжение с сетевого фильтра поступает на узел питания, обеспечивающий начальный запуск конвертера, состоящий из выпрямительного моста VD2, конденсаторов C5 и C6, стабилитрона VD3, модуля питания A1, транзистора VT1, диодов VD4, VD5 и конденсатора C18. Конденсатор C5 ограничивает действующее значение тока, потребляемого от сети, на уровне около 63 мА. Полевой транзистор VT1 ограничивает максимальный ток зарядки конденсатора C18 на уровне около 40 мА, тем самым защищая модуль питания A1 от перегрузки. Кроме того, зарядка конденсатора C18 постоянным током, который обеспечивает транзистор VT1, происходит быстрее, чем при использовании токоограничивающего резистора и зарядке экспоненциальным током. Диоды VD4 и VD5 снижают напряжение на конденсаторе C18 примерно до 13 В. Начальный запуск узла управления происходит при достижении напряжения 12 В на конденсаторе C18 и обеспечивается за счёт энергии, накопленной в нём до возрастания напряжения на выходе блока питания до уровня 15 В. Постоянное питание узла управления конвертером осуществляется с выхода блока питания через линейный стабилизатор DA1 и диод VD6, при этом при появлении напряжения более 14 В на выходе DA1 диоды VD4 и VD5 закрываются, и узел питания, обеспечивающий начальный запуск, отключается.

Узел управления состоит из ШИ-контроллера, монитора напряжения питания, узла защиты от перегрузки по току, драйвера транзисторов полумостового конвертера и драйвера транзистора, коммутирующего резонансный конденсатор.

ШИ-контроллер собран на специализированной микросхеме DA3. Конденсатор C28 и резистор R23 задают частоту преобразования, которая равна около 50 кГц при номиналах, указан-

Продолжение.
Начало см. в "Радио", 2025, № 10

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Полумостовой ИИП с резонансной коммутацией ключей и ШИ-регулированием

А. ЮДИН, г. Волжский Волгоградской обл.

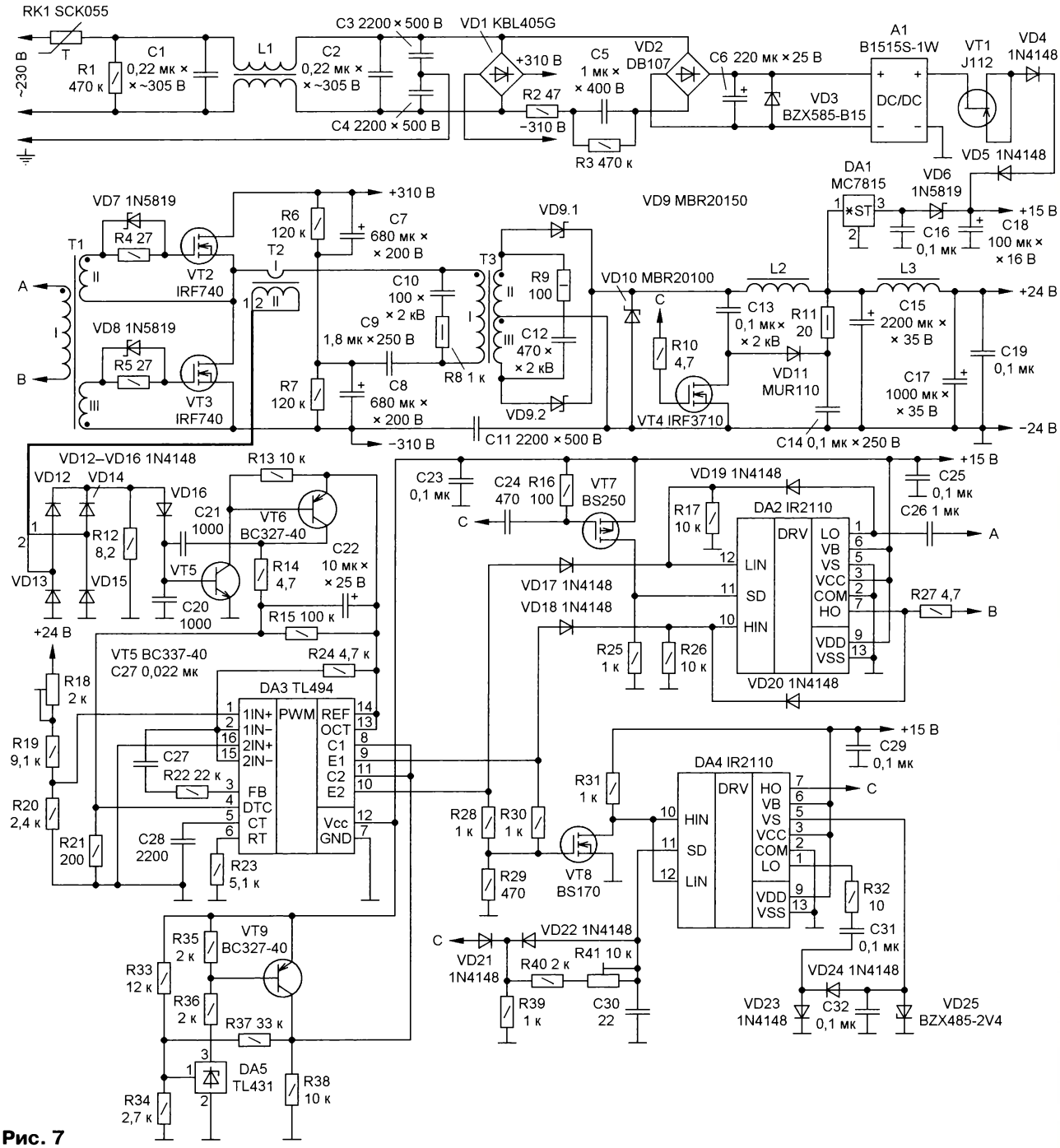


Рис. 7

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2025

ных на схеме. Плавное нарастание длительности импульсов на выходе микросхемы DA3 (выводы 8—11) при начальном запуске и перезапуске обеспечивает конденсатор C22. "Мёртвое время" между импульсами на выходах DA3 при максимальном заполнении определяется соотношением сопротивления резисторов R21 и R15. Напряжение с выхода блока питания через делитель напряжения на резисторах R18—R20 поступает на неинвертирующий вход усилителя ошибки микросхемы DA3. На инвертирующий вход усилителя ошибки через резистор R24 поступает образцовое напряжение 5 В. Элементы C27 и R22 обеспечивают пропорционально-интегральное управление стабилизацией напряжения на выходе. В зависимости от уровня напряжения на выходе усилителя ошибки ШИМ (ШИ-контроллер) формирует соответствующую длительность импульсов на выходах микросхемы DA3.

Монитор напряжения питания предназначен для обеспечения работы MOSFET VT2, VT3 в безопасном ключевом режиме. Он собран на резисторах R33—R38, параллельном стабилизаторе DA5, транзисторе VT9 и функционально представляет собой компаратор напряжения с гистерезисом. Напряжение питания узла управления через делитель на резисторах R33, R34 поступает на управляющий вход микросхемы DA5 и сравнивается с внутренним образцовым напряжением 2,5 В. При превышении напряжения на управляющем входе относительно образцового напряжения по цепи R35, R36 начинает течь выходной ток DA5, транзистор VT9 открывается, и на резисторе R38 появляется напряжение, близкое к напряжению питания узла управления. Каскад из DA5 и VT9 охвачен положительной обратной связью через резистор R37, что добавляет напряжение на управляющем входе DA5 и обеспечивает наличие гистерезиса между порогами включения и выключения каскада. При указанных на схеме номиналах напряжение включения равно 12 В, а напряжение выключения — 10 В. Во время открытого состояния транзистора VT9 обеспечивается питание выходных транзисторов ШИ-контроллера DA3.

Узел защиты от перегрузки по току выполнен на трансформаторе тока T2, диодном мосте VD12—VD15, нагрузочном резисторе R12, амплитудном детекторе на диоде VD16 и конденсаторе C20, одновибраторе на транзисторах VT5, VT6, резисторе R13 и конденсаторе C21. Напряжение на резисторе R12, пропорциональное току первичной обмотки трансформатора T3, поступает на амплитудный детектор, где на конденсаторе C20 выделяется его амплитудное значение. При перегрузке по току напряжение на конденсаторе C20 превышает напряжение открывания транзистора VT5, который открывается, и через резистор R13 начинает течь ток его коллектора, вызывая открывание транзистора VT6. Каскад VT5, VT6 охвачен положительной обратной связью через конденсатор C21, что вызывает формирование одиночного импульса на коллекторе транзистора VT6. Через открытый транзистор VT6 и резистор R14 происходит разрядка конденсатора C22 и перевод ШИ-контроллера DA3 в режим начального запуска. При продолжающейся перегрузке по току этот процесс может повторяться неоднократно до устранения перегрузки.

Драйвер транзисторов полумостового конвертера собран на специализированной микросхеме DA2. Диоды VD17—VD20 и резисторы R17, R26 позволяют получить два RS-триггера. Установка триггеров происходит по фронтам положительных импульсов на анодах диодов VD17 и VD18, поступающих с выходов ШИ-контроллера DA3. Сброс триггеров осуществляется фронтом положительного импульса на входе SD DA2. Короткий импульс сброса формируется каскадом на транзисторе VT7, конденсаторе C24 и резисторах R16, R25. Выходы микросхемы DA2 нагружены через резистор R27 и конденсатор C26 на первичную обмотку разделительного трансформатора, на которой образуются разнополярные импульсы управления транзисторами VT2 и VT3. На вторичных обмотках II и III трансформатора T1 индуцируются аналогичные разнополярные импульсы. Скорость открывания транзисторов VT2 и VT3 с целью исключения резонансных колебаний на паразитных ёмкостях ограничивается резисторами R4 и R5 в затворных цепях. Ускоренная разрядка затворных ёмкостей и закрывание транзисторов производится через диоды VD7 и VD8.

Драйвер транзистора VT4, коммутирующего резонансный конденсатор, собран на специализированной микросхеме DA4. Одновременно на оба входа DA4 поступают импульсы от ШИ-контроллера DA3 через логический элемент ИЛИ-НЕ, выполненный на резисторах R28—R31 и транзисторе VT8. При появлении положительного импульса на выходе HO DA4 по цепи VD21, R40, R41 начинает заряжаться конденсатор C30. При достижении напряжения на этом конденсаторе порогового напряжения входа SD DA4 происходит перевод выходов DA4 в состояние с нулевым напряжением, диод VD22 открывается, и происходит разрядка конденсатора C30 на резистор R39 через этот диод. Таким образом, на обоих выходах DA4 формируются одинаковые импульсы, длительность которых зависит от номиналов R40, R41 и C30. Импульсы с выхода HO DA4 поступают через резистор R10 на затвор транзистора VT4 и на формирователь импульса сброса микросхемы DA2. Таким образом, импульсы на выходах DA2 удлиняются относительно импульсов ШИ-контроллера на значение, равное длительности импульсов на выходах DA4. С выхода LO DA4 импульсы поступают на формирователь отрицательного напряжения смещения. Отрицательное смещение импульсов управления VT4 обеспечивает устойчивое его удержание в закрытом состоянии при резонансных процессах включения транзисторов полумостового конвертера, когда через паразитные ёмкости транзистора протекают довольно большие токи. Формирователь отрицательного напряжения смещения выполнен на диодах VD23, VD24, стабилитроне VD25, резисторе R32 и конденсаторах C31, C32. Напряжение отрицательного смещения ограничивается стабилитроном VD25.

Силовая часть блока питания незначительно отличается от приведённой на рис. 5. Добавлены конденсатор C9 для исключения постоянной составляющей тока в цепи первичной обмотки трансформатора T3, демпферные цепи R8C10 и R9C12, уменьшающие паразитные колебания в паузах между импульсами, и дополнительный сглаживающий фильтр L3, C17, C19.

Проведём некоторые оценочные расчёты.

Определим частоту резонансного контура выключения ключей по упрощённой формуле без учёта активных сопротивлений в цепи контура:

$$F = 1/(2\pi (LC)^{1/2}), \quad (1)$$

где L — индуктивность рассеяния обмоток трансформатора, приведённая ко вторичной обмотке, Гн; C — ёмкость резонансного конденсатора C13, Ф.

При построении понижающего блока питания можно точнее измерить индуктивность рассеяния, приведённую к первичной обмотке трансформатора, поскольку она больше приведённой к вторичной обмотке. Эта индуктивность может быть приведена к вторичной обмотке трансформатора путём умножения на $(N_2/N_1)^2$.

Проведём числовой расчёт:

$F = 1/(2\pi (0{,}235 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-6})^{1/2}) =$
$= 1{,}04 \cdot 10^6$ Гц.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

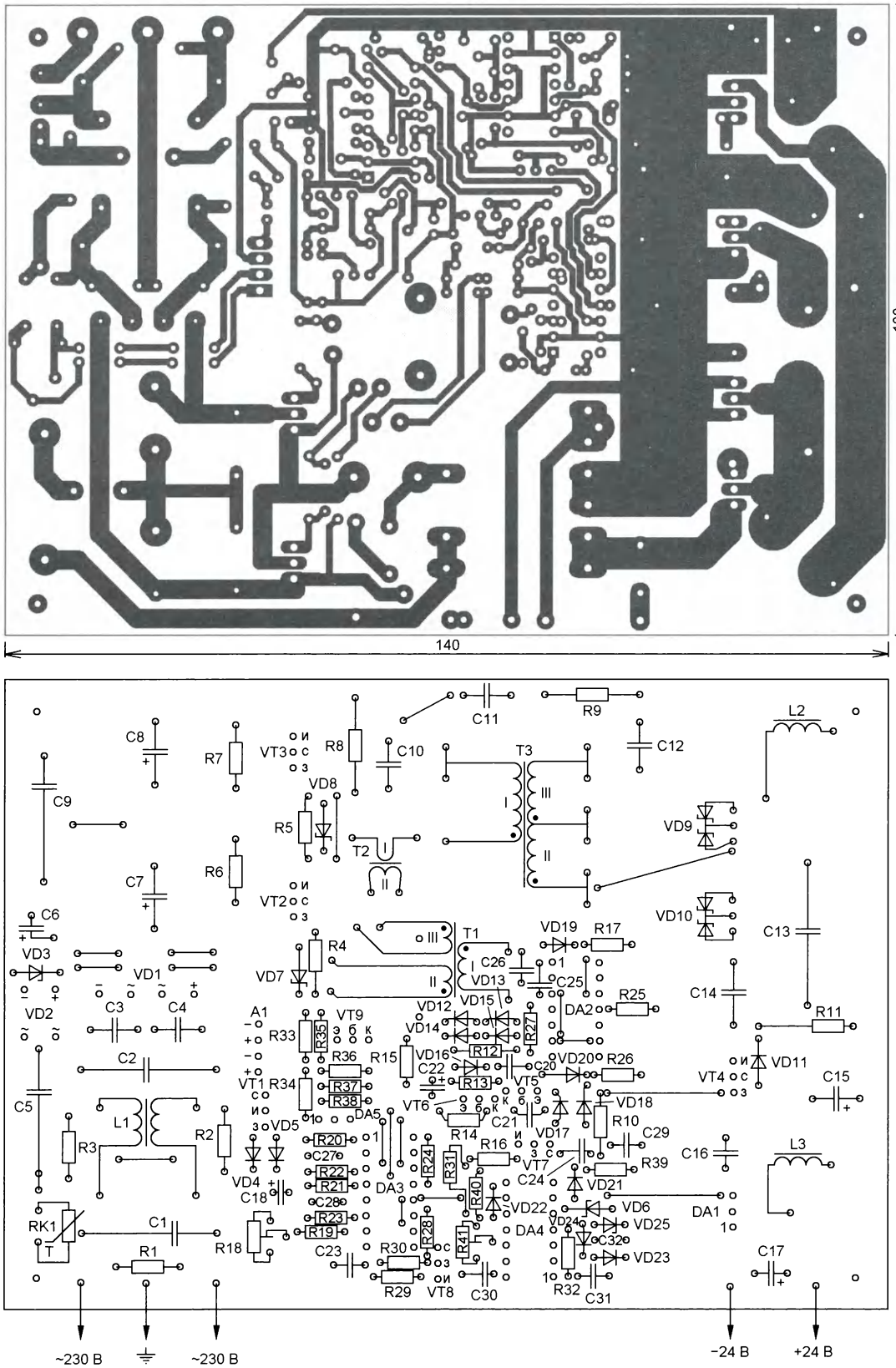


Рис. 8

Во время резонансного процесса к конденсатору C13 прикладывается напряжение, которое можно определить по формуле:

$$U_{C13} = (U_{пит}N_2/2N_1) - U_{VD9}.$$

Напряжение на конденсаторе C13 перед началом резонансного процесса выключения ключей

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2025

можно определить по формуле:

$$U'_{C13} = (U_{пит}N_2/2N_1) - U_{C14} - U_{VD9} - U_{VD11}.$$

Таким образом, изменение приложенного к конденсатору C13 напряжения равно:

$$\Delta U_{C13} = ((U_{пит}N_2/2N_1) - U_{VD9}) - ((U_{пит}N_2/2N_1) - U_{C14} - U_{VD9} - U_{VD11}) = U_{C14} + U_{VD11} \quad (2)$$

Учитывая, что минимальное напряжение на конденсаторе C14 равно напряжению на выходе блока питания, произведём числовой расчёт:

$\Delta U_{C13} = 24 + 0{,}9 = 24{,}9$ В.

Определим характеристическое сопротивление резонансного контура по формуле:

$$\rho = (L/C)^{1/2} \quad (3)$$

Проведём числовой расчёт:

$\rho = (0{,}235 \cdot 10^{-6}/0{,}1 \cdot 10^{-6})^{1/2} = 1{,}53$ Ом.

Определим активное сопротивление резонансной цепи по формуле:

$$R = (R_{ESR\,C7} + R_{VT2} + R_{T3\,I} + R_{ESR\,C9}) \cdot (N_2/N_1)^2 + R_{T3\,II} + R_{ESR\,C13} + R_{VT4} \quad (4)$$

Проведём числовой расчёт:

$R = (0{,}1 + 0{,}55 + 0{,}33 + 0{,}15) \cdot (8/38)2 + 0{,}011 + 0{,}06 + 0{,}023 = 0{,}14$ Ом.

Следует отметить, что при построении блока питания с относительно низким выходным напряжением активными сопротивлениями первичной цепи можно пренебречь, однако с уменьшением коэффициента трансформации трансформатора вклад их может быть значительным.

Определим амплитудное значение тока резонансного конденсатора C13 при выключении ключей по формуле:

$$I_{C13} = \Delta U_{C13}/(\rho + R) \quad (5)$$

Проведём числовой расчёт: $I_{C13} = 24{,}9/(1{,}53 + 0{,}14) = 14{,}9$ А.

Вычисленное значение тока C13 характеризует максимальный ток дросселя L2, при котором ещё будет сохраняться выключение ключевых транзисторов и диодов выпрямителя вторичной цепи при нуле тока. Следует отметить, что при высокодинамичной (ёмкостной) нагрузке на выходе блока питания ток дросселя L2 в переходных процессах может в несколько раз превышать ток нагрузки, это надо учитывать при оценке возможности применения этого блока питания для конкретного применения. Ток резонансного конденсатора можно повысить увеличением его ёмкости, однако это приведёт к снижению резонансной частоты, и для сохранения интервала линейного участка регулировочной характеристики блока питания придётся снизить частоту преобразования.

Блок питания собран на печатной плате размерами 140×100 мм из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертёж печатной платы приведён на **рис. 8**.

В блоке питания можно применить часть элементов, демонтированных из старой или неисправной радиоаппаратуры. Был использован синфазный дроссель L1 от блока питания (БП) компьютера. В конструкции можно использовать и другие элементы сетевого фильтра и сетевого выпрямителя от БП компьютера. Трансформатор T1 намотан на кольцевом магнитопроводе K20×12×16 из магнитомягкого феррита любой марки. Все три обмотки содержат по 40 витков и мотаются одновременно в три провода обмоточным проводом в тройной изоляции марки TIW-B диаметром 0,2 мм. Трансформатор тока T2 намотан на кольцевом магнитопроводе K10×6×5 из магнитомягкого феррита любой марки. Вторичная обмотка содержит 100 витков провода ПЭЛШО 0,1, первичная обмотка содержит один виток монтажного провода. Шёлковую изоляцию провода пропитывают жидким изоляционным лаком. Трансформатор T3 намотан на магнитопроводе ER35/20/11 из феррита N87 (PC40, 3F3). В качестве донора магнитопровода можно использовать трансформатор БП компьютера такого же типоразмера. Первичная обмотка содержит 38 витков жгута из четырёх проводов ПЭВ-2 0,35, вторичные обмотки II и III содержат по восемь витков жгута из 16-и проводов ПЭВ-2 0,35. Порядок намотки следующий: сначала мотают половину первичной обмотки, затем одновременно в два жгута мотают вторичные обмотки, затем вторую половину первичной обмотки. Между обмотками необходимо проложить надёжную изоляцию. Такой порядок намотки позволил получить индуктивность рассеяния обмоток, приведённую к первичной обмотке, около 5 мкГн. Для блока питания с выходным напряжением 5 В или 12 В можно использовать готовый трансформатор такого же типоразмера от БП компьютера без его перемотки. Провод ПЭВ-2 0,35 можно использовать аккуратно смотанный с отклоняющих систем старых советских телевизоров. Дроссель L2 намотан на кольце DT106-26 из распылённого железа марки 26 размерами 26,9×14,5×11,1 мм и содержит 36 витков провода ПЭВ-2 1,5. Индуктивность дросселя L2 — около 120 мкГн. Можно использовать магнитопровод от дросселя групповой стабилизации БП компьютера соответствующего размера. Дроссель L3 намотан на кольце DT80-26 из распылённого железа марки 26 размерами 20,2×12,6×6,35 мм и содержит 15 витков провода ПЭВ-2 1,5. Индуктивность дросселя L3 — около 6 мкГн. Можно использовать магнитопровод от дросселя сглаживающего фильтра БП компьютера соответствующего размера. В блоке питания применены плёночные конденсаторы C5, C9, C14 типа CL21, которые можно заменить на K73-17. Конденсатор C13 — плёночный с полипропиленовым диэлектриком CBB81, имеющий малое последовательное сопротивление, его можно заменить на K78-2 с учётом увеличенных габаритных размеров. Конденсатор C19 — для поверхностного монтажа типоразмера 1206, его припаивают со стороны проводников непосредственно напротив выхода блока питания. Транзистор VT1 может быть заменён другим полевым транзистором с p-n переходом с каналом n-типа и начальным током стока 20...67 мА. В крайнем случае вместо VT1 может быть установлен резистор 220 Ом. Транзисторы VT2 и VT3 установлены через изолирующие теплопроводящие прокладки на общую пластину из алюминиевого сплава толщиной 3 мм и размерами 50×60 мм. Диоды VD9 и VD10, транзистор VT4, микросхема DA1 установлены через изолирующие теплопроводящие прокладки на общую пластину из алюминиевого сплава толщиной 4 мм и размерами 100×60 мм.

От редакции. *Верхний по схеме рис. 5 в статье ("Радио", № 10, с. 40) вывод резистора R1 должен быть подключён к правому выводу дросселя Lф, а не к левому, как показано на схеме.*

(Окончание следует)

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Дистанционные курсы обучения программированию микроконтроллеров STM32, AVR, Arduino, PIC и др.

Занятия проводятся по электронной почте или on-line с помощью программ с трансляцией экрана.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

E-mail: micro51@mail.ru
т. +7-912-619-5167

* * *

Почему выбирают нас:
— собственный склад с регулярным пополнением;
— программа лояльности для постоянных клиентов;
— специальные условия для оптовых закупок.

www.radiodetali.perm.ru
Тел: 8-800-201-75-54

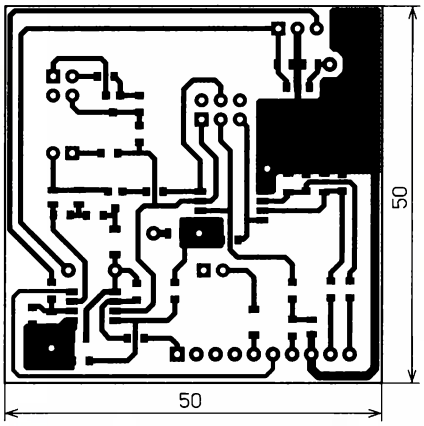
Блок питания с фазовым регулятором

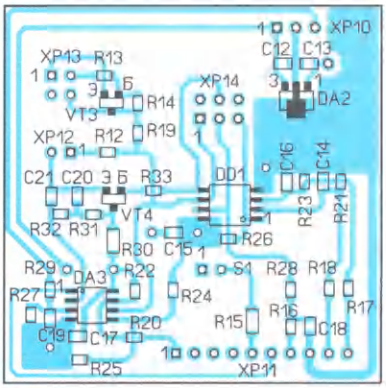
А. ДЫМОВ, г. Оренбург

Управление фазовым регулятором осуществляется сигналом с ШИМ с вывода 5 МК, который усиливается транзистором VT4. Затем сигнал с ШИМ фильтром R31C20R32C21 преобразуется в постоянное напряжение, которое затем поступает на инвертирующий вход компаратора DA3.2. На неинвертирующий вход этого компаратора через делитель R27R29 и разъём XP10 поступает выпрямленное напряжение от дополнительного БП. К выходу компаратора через разъём XP11 подключён излучающий диод оптрона для управления силовым транзистором регулятора. В случае перегрузки по току или короткого замыкания на выводе 6 МК появляется высокий уровень напряжения, который поступает на инвертирующий вход компаратора DA3.1, используемый в качестве преобразователя уровня. Низкий уровень напряжения на его выходе через резистор R20 и разъём XP11 поступает на транзистор VT2, который отключает выходное напряжение. Кроме того, высокий уровень напряжения на выводе 6 DD1 через резистор R12 и разъём XP12 включает индикаторный светодиод HL1, а также включает звуковую сигнализацию, в которую входят элементы VT3, R13, R14, R19, а также акустический пьезоизлучатель HA1, подключаемый к разъёму XP13.

Большая часть элементов узла управления — для поверхностного монтажа, резисторы R15, R30 — типоразмера 1206, остальные резисторы и все конденсаторы — типоразмера 0805. Стабилизатор DA2 — в корпусе SOT-89, МК DD1 — в корпусе SOIC-8, компаратор DA3 — в корпусе SO-8, транзисторы VT3, VT4 — в корпусе SOT-23. Разъём XP10 — PLS-3, XP12 — PLS-2, угловой разъём XP11 — PLS-10R. Разъём XP13 — PLD-4, разъём для программирования XP14 — PLD-6. Печатная плата узла двухсторонняя, её чертёж показан на **рис. 8**. Перед установкой элементов необходимо пропаять переходные отверстия, разъём XP10 устанавливается с нижней стороны платы.

Схема узла стабилизаторов приведена на **рис. 9**, в него входит основной стабилизатор с регулируемым выходным напряжением и дополнительный стабилизатор с фиксированным напряжением +5 В. Полевой транзистор стабилизатора VT5 используется как истоковый повторитель, что вызывает необходимость в дополнительном источнике напряжения, превышающем входное напряжение на стоке для надёжного управления этим транзистором. Для этого на узел стабилизаторов через контакт 4 разъёма XP15 поступает переменное напряжение (относительно контакта 1) от узла основного выпрямителя. Элементы R34C22C23VD11VD12 образуют выпрямитель с удвоением напряжения, микросхема DA4 и резисторы R35—R37 образуют стабильный источник напряжением около +7,5 В отно-





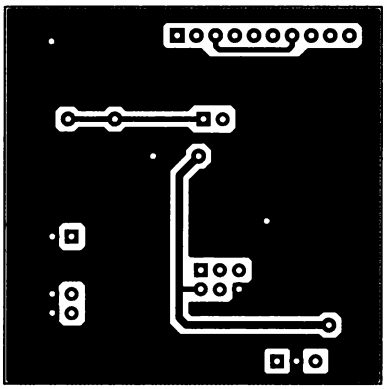


Рис. 8

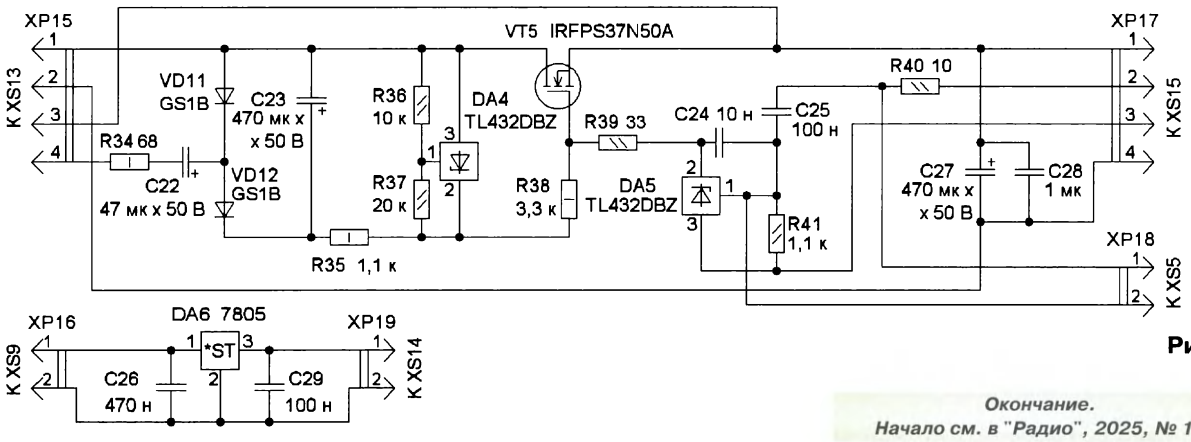


Рис. 9

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2025, № 10

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

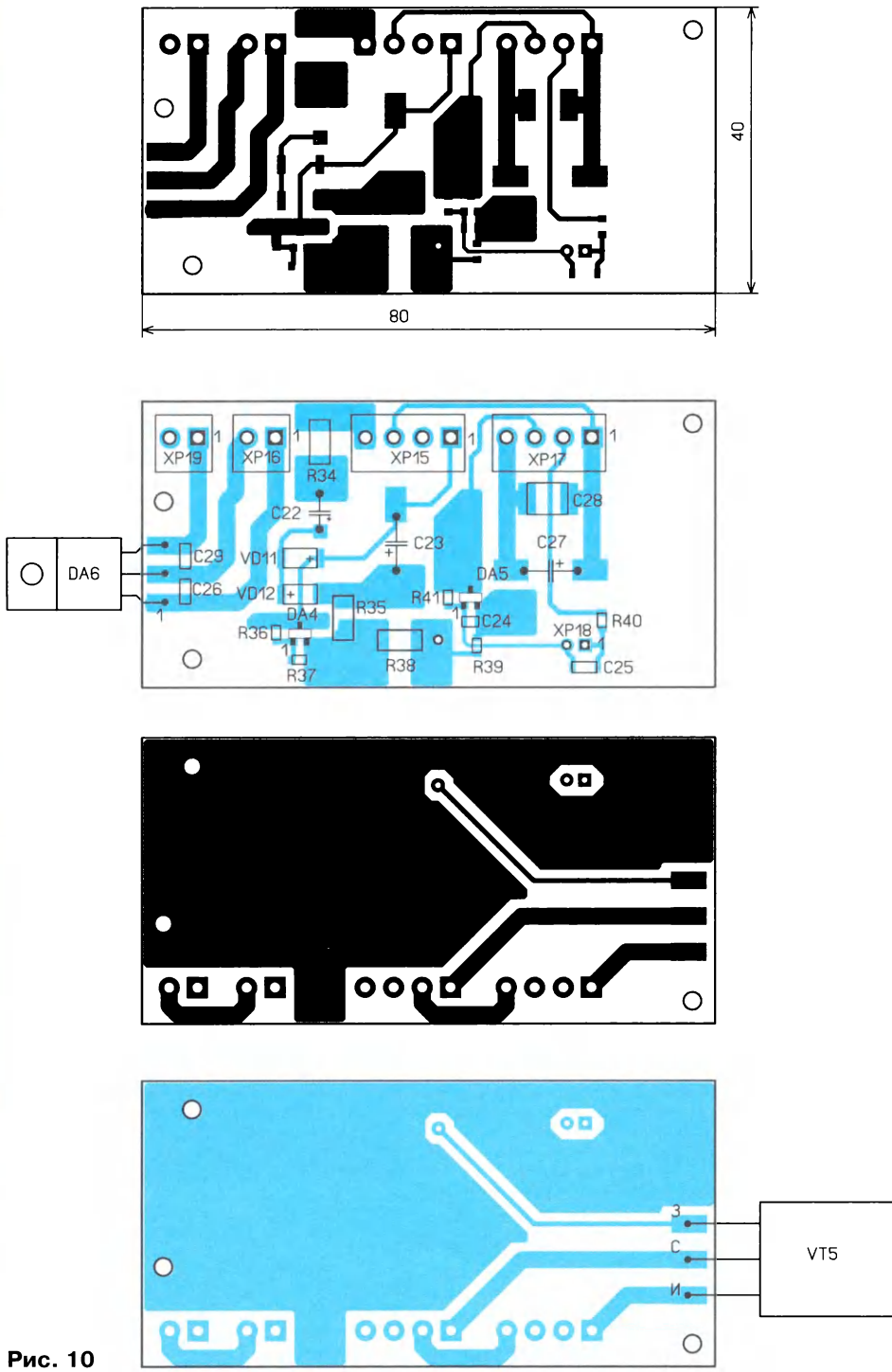


Рис. 10

сительно напряжения на стоке транзистора VT5, и через резистор R38 стабильное напряжение подаётся на затвор транзистора VT5.

Стабилизация выходного напряжения источника осуществляется с помощью микросхемы DA5, элементы R39 и C24 обеспечивают устойчивость работы микросхемы DA5 во всём интервале выходных напряжений и токов. Обратная связь осуществляется через резистивный делитель R40R41R42.

Регулировка выходного напряжения стабилизатора осуществляется сдвоенным переменным резистором R42, который содержит в своём составе два резистора, позволяя одной ручкой последовательно осуществлять грубую и точную установку выходного напряжения БП. Резистор R42 подключён к разъёму XP18 узла стабилизатора, конденсатор C25 снижает броски выходного напряжения при вращении ручки установки. Стабилизатор напряжения +5 В собран на элементах DA6, C26, C29, он через разъём XP19 подключён к выходным клеммам XS18, XS19.

Все пассивные элементы узла стабилизаторов — для поверхностного монтажа, резисторы R34, R35, R38 — типоразмера 2512, остальные резисторы — типоразмера 0805. Конденсаторы C22, C23, C27 — серии EZV от HItano, керамический конденсатор C24 — типоразмера 0805, конденсаторы C25, C26, C29 — типоразмера 1206, C28 — типоразмера 2220. Диоды VD11, VD12 — в корпусе DO-214. Разъёмы XP15, XP17 — B4P-VH, XP16, XP19 — B2P-VH, XP18 — PLS-2. Плата двухсторонняя, её чертёж показан на **рис. 10**. Перед монтажом элементов надо пропаять переходное отверстие. Транзистор VT5 припаивают металлической стороной вверх, к ней будет прижиматься теплоотвод. Стабилизатор DA6 припаивают металлической стороной вниз для последующего прижима к теплоотводящей пластине шасси, для чего возникает необходимость сгибания его выводов.

Применены пьезоизлучатель HA1 — FTBD-20T-4.0B1, его припаивают к разъёму XS23 (BLD-4), нумерация его выводов показана на **рис. 11**. Разъёмы XP21, XP22, XS16, XS17 входят в состав модуля вольтметра/амперметра A1, и реальный цвет его проводов соответствует их цветам на схеме. Понижающий трансформатор T2 имеет довольно компактные размеры, несмотря на габаритную мощность 120 Вт. Выводы обмоток трансформатора имеют приемлемую длину

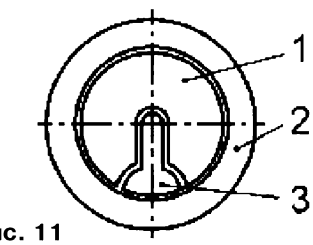


Рис. 11

для припаивания на них гнездовых разъёмов XS2 (VHR-3N) и XS6 (VHR-4N). Разъёмы XS3—XS5, XS22 — BLS-2. Вентилятор M1 с алюминиевым ребристым теплоотводом размерами 45×45×10 мм использован от системы охлаждения компьютерного процессора. Светодиод HL1 для индикации перегрузки и короткого замыкания может быть любого типа, например серии ARL-5. Резистор R42 — проволочный СП5-35А, который имеет возможность грубой и точной установки напряжения одной ручкой. При невозможности его приобретения есть вариант его замены двумя последовательно соединёнными проволочными переменными резисторами сопротивлениями 10 кОм и 680 Ом.

Сетевой разъём XP20 (AC-016) и выключатель SA1 (KCD1) входят в состав корпуса, используемого от компьютерного БП, к которому добавлен держатель плавкой вставки FU1 ДПБ. Разъём XS7 (VHR-3N), выключатель SA1, держатель плавкой вставки и разъём XP19 находятся под сетевым напряжением 230 В, для их монтажа рекомендуется использовать провода с двойной изоляцией. Кабель с разъёмами XS8, XS9 (VHR-2N) выполнен проводами МГТФ-0,5, их длину для всех соединителей рекомендуется определять по месту. Кабели с разъёмами XS10, XS11 (BLS-3) и разъёмом XS22 (BLS-2) выполнены шлейфовыми проводами с шагом 1,27 мм. Кабель с разъёмами XS12, XS13 (VHR-4N) выполнен проводами разного сечения. Контакты 1 и 2 разъёмов соединены проводами МГТФ-0,5, контакты 3 и 4 соединены проводами МГТФ-0,12. Кабель между разъёмом XS14 (VHR-2N) и гнездовыми зажимными разъёмами XS18, XS19 (ВР-117) выполнен проводом МГТФ-0,5. Разъём XS15 (VHR-4N) соединён с разъёмами XS20, XS21 (ВР117) проводами разного сечения, контакт 1 соединён проводом МГТФ-0,5, контакты 2 и 3 обратной связи и провод для измерения выходного напряжения модуля А1 контакта 3 разъёма XP21, соединены проводом МГТФ-0,12. Контакт 4 разъёма XS15 используется для измерения выходного тока модулем А1, для чего соединён с выходным разъёмом XS21 последовательно с токоизмерительным шунтом модуля А1 через разъём XP22 проводом МГТФ-0,5.

Пришлось отказаться от проводов, входящих в состав модуля А1 из-за их недостаточной длины. У разъёмов типа PLS и PLD необходимо на платах нанести маркировку около контакта, к которому подключается контакт со стрелкой, нанесённой на корпуса разъёмов BLS и BLD.

Рис. 12

Рис. 13

Рис. 14

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Кабельные соединители необходимо проверить на обрыв омметром, кроме того, с помощью омметра проверяют платы узлов после пайки всех компонентов на обрыв и замыкание цепей. Используя увеличительное стекло, проверяют качество пайки элементов поверхностного монтажа.

Стальные корпуса от БП старых ПК после небольших доработок хорошо подходят для изготовления подобных компактных устройств. На передней части корпуса на заклёпках установлена алюминиевая фальшпанель толщиной 1 мм и размерами 147×83 мм, только после этого делают все отверстия для элементов передней панели. Для крепления всех узлов и трансформатора T2 в корпусе используется алюминиевая пластина толщиной 2,5 мм и размерами 150×145 мм, которая крепится к местам, уже предусмотренным в конструкции корпуса. Кроме того, для дополнительной жёсткости в средней части корпуса, ближе к трансформатору, установлена дополнительная резьбовая втулка M3 для дополнительного крепления пластины к корпусу. Для крепления трансформатора T2 с нижней стороны пластины установлены резьбовые втулки M4. С целью уменьшения акустического шума в трансформаторе при работе фазового регулятора при его креплении снизу и сверху установлены резиновые шайбы.

Для крепления узла основного выпрямителя установлены резьбовые втулки M2,5 на верхней стороне пластины. Расстояние между платой и пластиной шасси должно быть не менее 7 мм, для чего дополнительно добавлены пластиковые втулки. Для крепления мощных диодов и транзисторов узла использованы резьбовые втулки M2,5, установленные с нижней стороны пластины. Мощные диоды крепят с использованием их конструктивных отверстий, на диоды предварительно наносят теплопроводящую пасту. Резьбовые втулки для прижима к пластине мощных транзисторов устанавливают сбоку от них, для этого используются прижимные скобы THFM1. Транзисторы изолируют от пластины слюдяной изолирующей прокладкой с нанесением теплопроводящей пасты с обеих сторон прокладки. Использована теплопроводящая паста GD007 с высоким коэффициентом теплопроводности, предназначенная для микропроцессоров. Рекомендуется омметром проверить качество изоляции между выводами установленных таким образом компонентов и пластиной шасси до включения БП в сеть 230 В.

Для установки узла стабилизаторов с верхней стороны пластины установлены резьбовые втулки M2,5 высотой 3,5 мм. Для крепления микросхемы DA6 в корпусе TO-220 установлена резьбовая втулка M2,5 с нижней стороны пластины. Между корпусом стабилизатора и пластиной проложена слюдяная изолирующая пластина с нанесением теплопроводящей пасты, под винт крепления установлена пластиковая изолирующая втулка M3 для корпусов TO-220. К верхней металлической стороне транзистора VT5 с нанесением теплопроводящей пасты прижат теплоотвод охлаждения с вентилятором, для этого использованы пластиковые защёлки, входящие в состав теплоотвода, отверстия для которых сверлят в пластине. Для дополнительного отвода тепла в пластину шасси под транзистор VT5 подложена алюминиевая пластина размерами 25×35×3 мм с нанесением теплопроводящей пасты на обе её стороны.

Внешний вид БП показан на **рис. 12—рис. 14**.

Перед установкой платы в разъём узла выпрямителей временно удаляют перемычку S1 на плате узла управления фазовым регулятором. Подключают все соединительные кабели и делают пробное включение источника питания в сеть 230 В. При включении должна работать индикация напряжения и тока на передней панели и вращаться вентилятор охлаждения. Для измерений постоянных напряжений был использован мультиметр с относительной погрешностью измерения менее ±0,5 % и автоматическим выбором пределов. При использовании мультиметра с ручным выбором пределов необходимо заранее определиться с его значением. Используя мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения, измеряют напряжение на выходных гнёздах XS18, XS19 дополнительного БП, которое должно быть около 5 В. Измеряют напряжение на плате узла управления на контакте 1 относительно контакта 2 разъёма XP10, оно должно быть не менее 9 В. Затем измеряют напряжение на контакте 3 относительно контакта 2, оно должно быть не менее 7 В. Измеряют постоянное напряжение на конденсаторе C13, оно должно быть около 5 В, далее БП отключают от сети 230 В.

Используя доступные программные и аппаратные средства с интерфейсом программирования ISP, программатор подключают к разъёму XP14 узла управления фазовым регулятором. Здесь необходимо обратиться с предупреждением. На контакт 2 разъёма XP14 поступает напряжение 5 В, которое будет использовано программатором для согласования уровней сигналов. Если используемый программатор эту функцию не поддерживает, печатный проводник, идущий к этому контакту в узле управления фазовым регулятором, перерезают. Включают БП и программируются fuse биты MK в соответствии со списком, приведённым ниже:

RSTDISBL=1; запрет использования вывода сброса для других функций;

DWEN=1; интерфейс debug Wire отключён;

SPIEN=0; разрешение программирования по интерфейсу SPI;

WDTON=1; сторожевой таймер отключён;

EESAVE=1; разрешение стирания EEPROM;

BODLEVEL=101; пороговое напряжение BOD 2,7 В;

CKDIV8=1; делитель тактовой частоты отключён;

CKOUT=1; буфер тактового генератора отключён;

CKSEL=0010; включён внутренний тактовый RC-генератор частотой 8 МГц

SUT=10; максимальная длительность задержки сброса;

SELFPRGEN=1; самопрограммирование отключено.

В папке **Программы** выбирают файлы **Lab_BPm1.hex**, **Lab_BPm1.eep** или единый файл **Lab_BPm1.elf** и загружают в MK. После этого отключают электропитание БП и средство программирования, а перемычку S1 устанавливают на своё место.

Мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения подключают к контрольному разъёму XP7 в узле выпрямителей. Движок переменного резистора установки напряжения на передней панели устанавливается в крайнее левое положение. Включают электропитание БП, при этом должен светиться индикаторный светодиод и звучать звуковой сигнал в течение 1 с. Затем звуковой сигнал отключается и светодиод гаснет. На мультиметре должно отображаться плавное увеличение значения напряжения на входе стабилизатора, которое должно быть не менее 37 В, на индикаторе напряжения на передней панели отображается минимальное выходное напряжение стабилизатора. Вращением ручки установки выходного напряжения вправо до конца следует убедиться в увеличении выходного напряжения. Мультиметр отключают от контрольного разъёма XP7 и подключают к выходным гнёздам XS20, XS21. При различии в показаниях мультиметра и индикатора (**рис. 15**) на передней панели, вращением движка подстроечного резистора 5, обозначенного на плате индикатора как V_ADJ, устанавливают одинаковые показания напряжений.

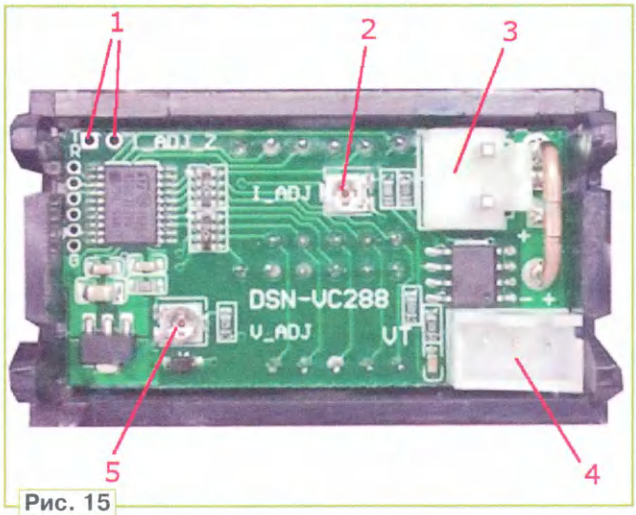


Рис. 15

Для дальнейших проверок и налаживания необходимы мощные нагрузочные резисторы сопротивлением 1 Ом и 10 Ом. Для коррекции показаний тока индикатора на передней панели необходим мультиметр с относительной погрешностью измерения не более 1 % в режиме измерения постоянного тока, чего большинство недорогих мультиметров обеспечить не могут. Поэтому рекомендуется использовать последовательно с нагрузкой токоизмерительный шунт сопротивлением 0,05...0,1 Ом с погрешностью не более ±0,25 %, с параллельно подключённым мультиметром в режиме измерения постоянного напряжения на пределах 200 мВ, 2000 мВ или 600 мВ, в зависимости от типа мультиметра. Коррекция измерителя тока индикатора осуществляется при токе около 3000 мА, поэтому в зависимости от сопротивления измерительного шунта определяют напряжение, которое должен отобразить мультиметр по формуле $U_м$ (мВ) = $I_н$ (мА) × × $R_ш$ (Ом), где $U_м$ — показания мультиметра, $I_н$ — ток нагрузки 3000 мА, $R_ш$ — сопротивление используемого токоизмерительного шунта.

Устанавливают минимальное выходное напряжение БП поворотом ручки регулятора в крайнее левое положение. Токоизмерительный шунт с мультиметром, соединённый последовательно с нагрузкой сопротивлением 1 Ом, подключают к выходным гнёздам XS20, XS21 с обеспечением надёжного контакта, поскольку плохой контакт приведёт к нестабильным показаниям мультиметра. Плавным вращением ручки установки напряжения вправо устанавливают на мультиметре значение, близкое, не обязательно точное, к значению Uм, определённое по выше приведённой формуле. Если срабатывает защита, такое возможно при резком вращении ручки вправо, напряжение уменьшают вращением ручки регулятора влево, ожидают отключения защиты и повторяют установку требуемого напряжения на мультиметре. Необходимо некоторое время подождать для получения стабильных показаний мультиметра из-за прогрева нагрузки. По формуле $I_н$ (мА) = = $U_м$ (мВ)/$R_ш$ (Ом) определяют действительное значение тока. Если показания на индикаторе не соответствуют действительному, вращением подстроечного резистора 2 индикатора, обозначенного на рис. 15 как I_ADJ, устанавливают правильные показания тока на индикаторе. Нагрузку отключают от БП, если на индикаторе значение тока не равно нулю, временно замыкают контакты 1, обозначенные на плате как I_ADJ_Z для коррекции нуля измерителя тока. Разъём 3 предназначен для подключения в цепь измерения тока, разъём 4 — для подключения питающего напряжения и к цепи измеряемого напряжения.

Поворотом ручки до конца влево устанавливают минимальное выходное напряжение. Мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения подключают к контрольному разъёму XP7 в узле выпрямителей. К выходным гнёздам источника подключают нагрузку сопротивлением 1 Ом, при этом входное напряжение по показаниям мультиметра будет плавно снижаться. Разность напряжений между показаниями мультиметра и индикатора должна быть не менее 2 В и не более 4 В. Плавным вращением ручки вправо устанавливают выходной ток около 3 А, при этом разность напряжений должна быть такой, как указано выше. Продолжением плавного вращения ручки регулятора вправо проверяют ток срабатывания защиты, который должен быть около 3,5 А. Поворотом ручки регулятора до конца влево устанавливают минимальное выходное напряжение. Подключают нагрузку сопротивлением 10 Ом, плавным вращением ручки вправо по индикатору устанавливают выходное напряжение около 12 В, при этом по показаниям мультиметра напряжение должно снижаться. Определяется мощность, рассеиваемая транзистором стабилизатора по формуле $P_т$ (Вт) = ($U_м$ (В) – $U_и$ (В)) × $I_и$ (А), где $U_м$ — показания напряжения мультиметра, $U_и$ — показания напряжения индикатора и $I_и$ — показания тока индикатора. Рассеиваемая мощность не должна превышать 10 Вт. Аналогично проводится проверка рассеиваемой мощности транзистором стабилизатора при максимальном выходном напряжении источника, мощность не должна превышать приведённое выше значение. Нагрузку отключают, БП готов к работе.

От редакции. *Упомянутые файлы для программирования микроконтроллера, чертежи печатных плат в авторском и редакционном вариантах находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/11/bp.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

На схеме ("Радио", 2025, № 10, с. 45, рис. 7) верхний вывод конденсатора C17 должен быть соединён с выводом 3 микросхемы DA2. На плате ("Радио", 2025, № 11, с. 39, рис. 8) все соединения правильные.

Вышла в свет новая книга

Лихачев Н. И., Семенов А. Б., Шишова Н. А.

Техническая эксплуатация волоконно-оптических линий передачи информации. Учебник для вузов. / Н. И. Лихачев, А. Б. Семенов, Н. А. Шишова / Под ред. А. Б. Семенова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 288 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-1108-6.

Рассмотрены принципы организации технической эксплуатации и технического обслуживания активного оборудования и линейной части современных волоконно-оптических систем электросвязи. Обсуждаются схемы эксплуатации на всех стадиях жизненного цикла, подходы к ведению эксплуатационной документации и организации восстановительных работ в аварийных ситуациях. Затронуты вопросы проведения измерений и проверок параметров, непосредственно влияющих на качество передачи информации.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02 и 11.04.02 — "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", а также будет полезна для специалистов проектных и эксплуатационных предприятий связи.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Декоративная подсветка кварцевых стрелочных часов

В. РУБАШКА, г. Лисичанск, ЛНР

Практически в каждом доме есть стрелочные часы, в большинстве своём электронно-механические кварцевые. Днём они выполняют свою прямую функцию отображения времени и служат предметом интерьера. А ночью, если нет освещения, могут оказаться бесполезными. Несомненно, сейчас в лидерах светодиодные цифровые часы разного размера, формы и функционала. Можно сказать, что они серьёзно потеснили своих предшественников. Но и стрелочные часы рано списывать со счетов. В них можно вдохнуть новую жизнь, и они ещё долгое время будут радовать вас не только днём, но и ночью.

В статье представлен один из вариантов декоративной подсветки кварцевых электронно-механических стрелочных часов.

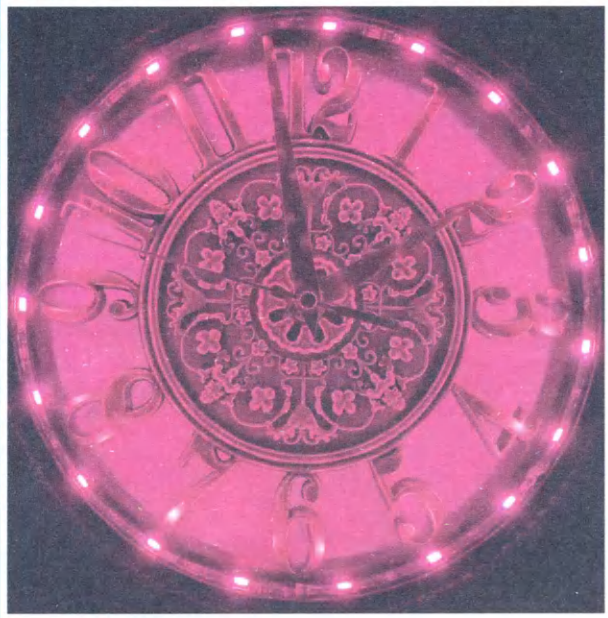


Рис. 1

Рис. 3

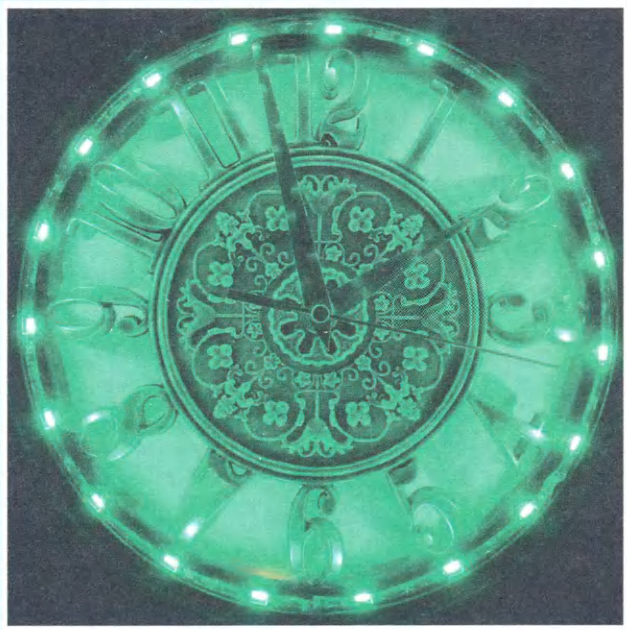


Рис. 2

Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Устройство подсвечивает циферблат часов с помощью светодиодной RGB-ленты (**рис. 1**—**рис. 4**) по-разному в разное время суток. Схема устройства показана на **рис. 5**. В качестве управляющего элемента применён модуль Arduino Pro Mini (на микроконтроллере ATmega328). Режимы подсветки определяются посредством измерения внешнего освещения фоторезистором R1.

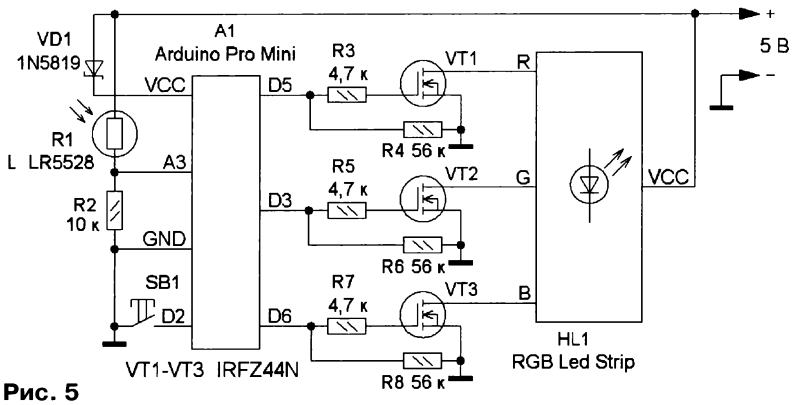


Рис. 5

В дневном режиме яркость подсветки максимальная, а при ночном — в два раза меньше. В каждом режиме есть одинаковые наборы эффектов. Это 12 статических цветов, цветовое "колесо" с вращением в одну или другую сторону, "аврора" (северное сияние), "огонь" и просто белый свет. Статические цвета выбраны из цветового колеса (1530 оттенков) визуально, на свой вкус. Выбор в каждом отдельном случае во многом зависит не только от предпочтений пользователя, но и от светодиодов ленты. Поэтому можно в коде подкорректировать цвета по-своему, сократить или расширить статический набор. Переключение эффекта и в дневном, и в ночном режимах осуществляется с помощью кнопки SB1. При достижении эффекта с максимальным номером происходит переход на эффект с первым номером. Таким образом, эффекты переключаются по кругу. Когда контроллер находится в ночном режиме, переключаются эффекты ночного режима. И соответственно при дневном режиме переключаются дневные эффекты. Для управления можно использовать несколько кнопок, но в этом нет нужды. Номера выбранных эффектов дневного и ночного режимов сохраняются в энергонезависимой памяти микроконтроллера модуля A1. Опыт использования подсветки свидетельствует о том, что в дневное время более востребованы динамические эффекты, а в ночное время предпочтение отдаётся статическому освещению.

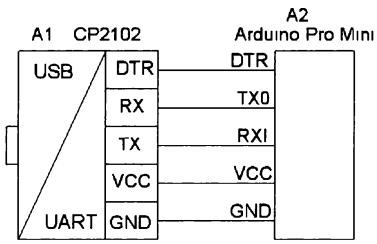


Рис. 6

Чтобы не было ложных переключений режимов в утреннее и вечернее время, программно реализован гистерис. Для выбора соответствующих констант дня и ночи достаточно отправить данные АЦП модуля A1 на ПК в режиме терминала. Затем посмотреть значения при разном освещении фоторезистора. Для этого нужно снять комментарий со строки **Print Temp_adc**. При необходимости изменить значения констант **Morn** и **Even** на свои.

Цветовое "колесо" разбито на 1530 секторов (цветов). Каждый соседний сектор по цвету незначительно отличается от предыдущего. Если колесо вращается по часовой стрелке, то цвета будут плавно перетекать от красного через зелёный к синему. Против часовой — от синего через зелёный к красному.

Эффект "авроры" основан на случайных числах. На каждом новом шаге эффекта плавно изменяются сразу три параметра — цвет, яркость и пауза между шагами. Это создаёт красивые непредсказуемые переходы между цветами с небольшим мерцанием яркости.

Алгоритм "огня" тоже достаточно прост. Каждые пять шагов эффекта генерируется случайное число **Rnd_fire** от 0 до 14. На каждом шаге происходит плавное увеличение или уменьшение переменной **Fire**. Изменение происходит по формуле **Fire = (Fire *0.85) + Rnd_fire**. В зависимости от случайного значения **Rnd_fire** переменная **Fire** плавно увеличивается или уменьшается. Она не выходит за пределы значений 0...90. В цветовом "колесе" это цвета от красного к жёлтому. На основе переменной цвета **Fire** формируется переменная яркости **Bright**. Чем краснее цвет, тем меньше яркость. Чем желтее цвет, тем выше яркость. Яркость рассчитывается по формуле **Bright = (Fire * 2) +75**. Получаются значения яркости от 75 до 255, т. е. они не выходят за предел байта. Дополнительно пауза между шагами формиру-

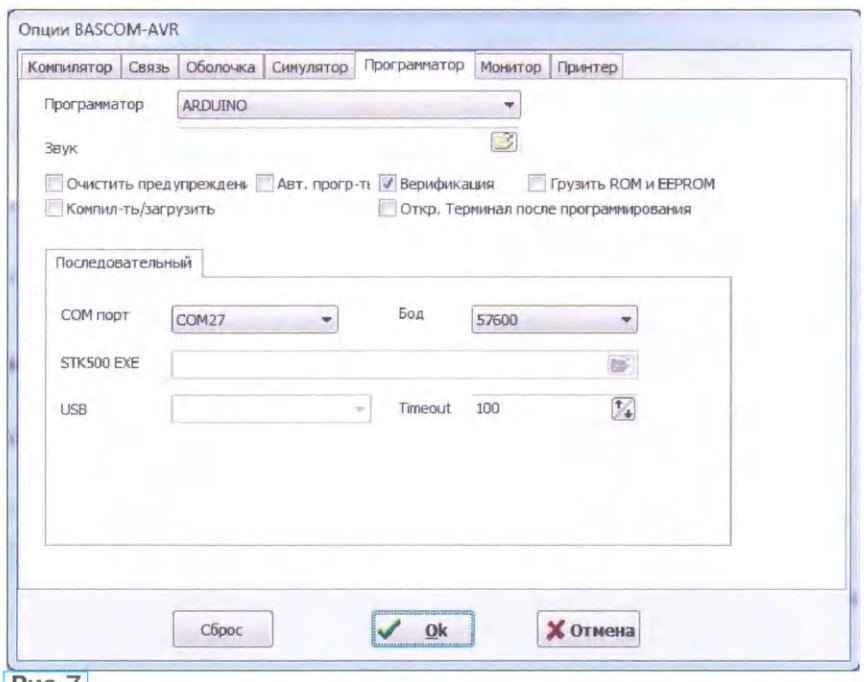


Рис.7

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2025

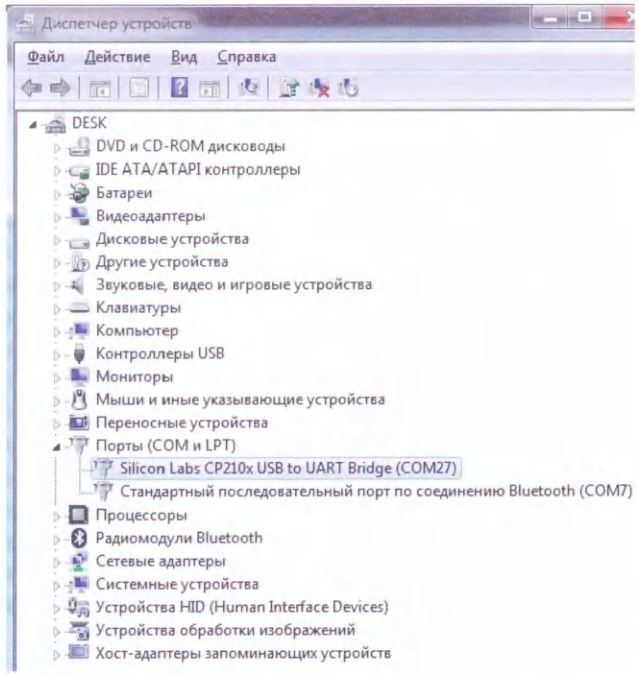


Рис. 8

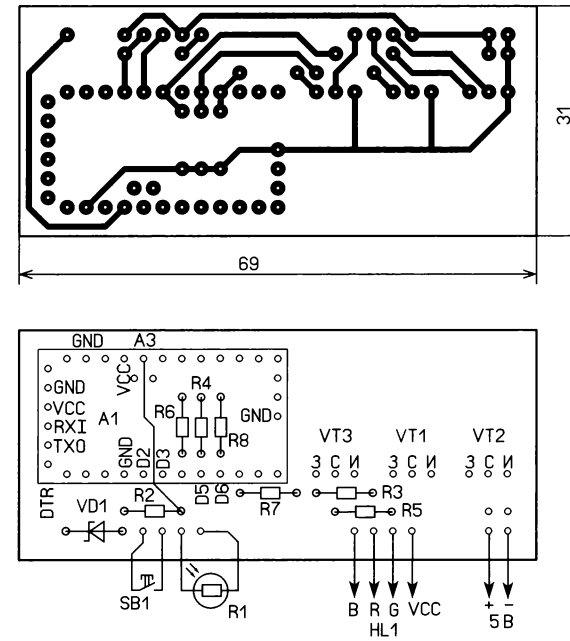


Рис. 11

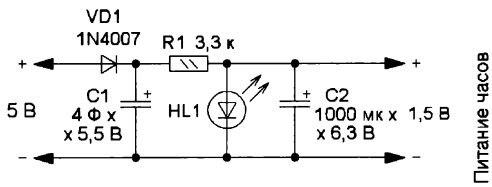


Рис. 9

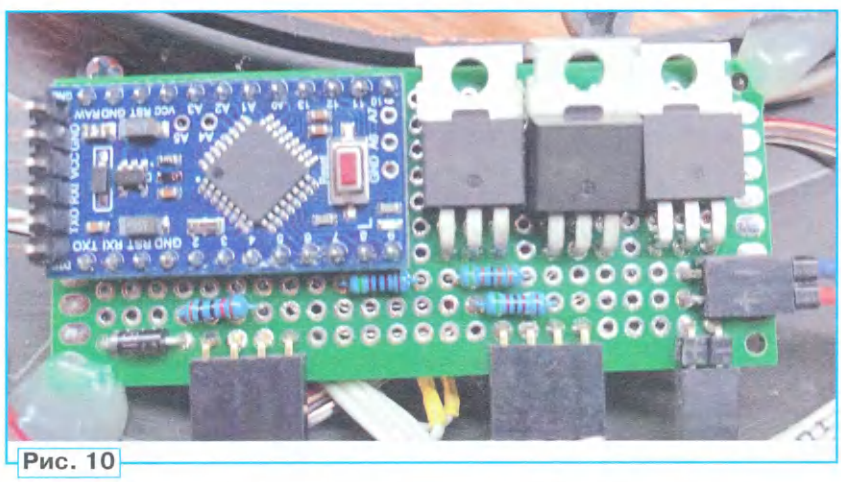


Рис. 10

ется случайным образом в интервале 5...20 мс. Получается вполне правдоподобная имитация огня. Формулы подобраны в результате визуального эксперимента с лентой с помощью терминала и плоттера по последовательному соединению.

Использованный модуль Arduino Pro Mini удобен тем, что на нём уже установлены все необходимые элементы. Однако у него нет встроенного преобразователя USB/UART, но присутствует "зашитый" бутлоадер. Поэтому прошивка и отладка программы через терминал велись с помощью модуля преобразователя CP2102. Схема его подключения приведена на **рис. 6**. В микроконтроллере модуля A1 осталось много неиспользованной памяти, которую можно задействовать для добавления своих эффектов. Автор специально не использовал в эффектах алгоритмы резкого перехода яркости и цвета, по типу стробоскопов. Но при желании их нетрудно добавить в программу.

Управляющая программа написана в среде Bascom AVR версии 2.0.8.1, поэтому и программирование осуществлялось с её помощью. Настройка программатора приведена на **рис. 7**. Следует только указать свой номер COM-порта, который ОС ПК присвоила преобразователю. Эти данные доступны для ОС Windows в "Диспетчере устройств" в разделе "Порты (COM и LPT)" (**рис. 8**).

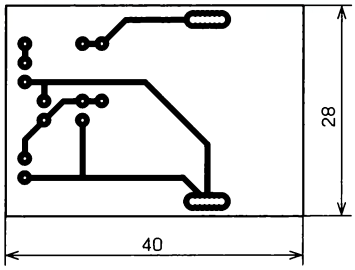
В начале программы идут стандартные процедуры: настройка периферии (выводов портов, таймера для ШИМ светодиодов, прерывания от кнопки, АЦП) и объявление переменных. Считывается значение номера дневного и ночного эффектов из энергонезависимой памяти (**Readeeprom**). Код начинает работать в бесконечном главном цикле **Do—Loop**. Здесь проверяется флаг нажатия на кнопку **Flg_knob**, который выставляется в прерывании **Knob**. Если кнопка нажата, номер эффекта увеличивается и происходит кратковременное мигание белым светом. Оно является визуальным подтверждением нажатия на кнопку и выбора следующего эффекта. Измеряется внешнее освещение (**Temp_adc** = **Getadc(3)**). Определяется режим работы — день или ночь **Flg_night**. Выбирается текущий эффект **Effect**. А далее, в зависимости от выбранного эффекта, формируются или 12 статических цветов плюс белый, или динамические эффекты. Функция **Color_whell** рассчитывает значения трёх RGB-каналов по номеру цвета (от 0 до 1530) и яркости (от 0 до 255). Расчётные значения дополнительно обрабатываются таблицей гамма-кор-

рекции **Ledgamma** для линейного восприятия цвета светодиодов. Без этой таблицы смена цветов не имеет той плавности, которую так хочет видеть зритель.

До начала модернизации часов нужно провести визуальный осмотр и убедиться в том, что это получится сделать. Предстоит ответить на два вопроса: есть ли место для монтажа ленты с фронтальной стороны и место для узлов подсветки — с тыльной. При выборе светодиодной RGB-ленты нужно следовать простому правилу. Для светлого корпуса часов подойдёт лента на белой основе, для тёмного корпуса — на чёрной. В авторском варианте применена светодиодная RGB-лента на основе чёрного цвета с силиконовым покрытием и с номинальным напряжением 5 В. Плотность светодиодов — тридцать штук на метр.

Для питания устройства использовано ЗУ мобильного телефона. Если применить светодиодную ленту с номинальным напряжением 12 В, потребуется стабилизатор напряжения на 5 В для модуля A1. Питание механизма часов осуществляется, как правило, от гальванического элемента формата AA или AAA с напряжением 1,5 В. Можно оставить всё как есть, а можно предусмотреть питание часов от того же источника, что и подсветка. В случае, если сетевое напряжение выключается часто, нужно оставить элемент питания в качестве резерва. При редких и не слишком продолжительных отключениях сети таким резервом может быть ионистор. Автор выбрал второй вариант, воспользовавшись рекомендациями статьи в [1]. Схема узла питания часового механизма показана на **рис. 9**. Светодиод HL1 должен быть красного цвета свечения. Ионистор обеспечивает питанием механизм часов до 10 ч, что вполне перекрывает текущие ситуации с электроснабжением. Ну а если будет более длительное отключение, можно в механизм установить Ni-Cd аккумулятор.

Рис. 12



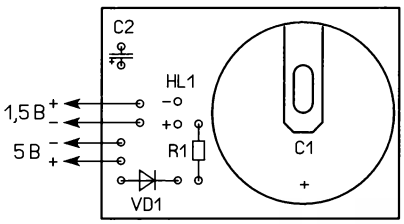


Рис. 13

При изготовлении подсветки большинство элементов устройства были смонтированы на макетной печатной плате размерами 30×70 мм (**рис. 10**). Чертёж печатной платы из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм и схема размещения на ней элементов показаны на **рис. 11**. Резисторы R4, R6, R8 размещены под модулем A1. Это сделано в целях экономии места на плате.

Узел питания часов также был смонтирован на макетной печатной плате (**рис. 12**). Чертёж печатной платы этого узла из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм и схема размещения на ней элементов показаны на **рис. 13**. Напряжение питания на часы поступает через самодельный переходник, имитирующий элемент питания AA (**рис. 14**). Для этого был разобран старый гальванический элемент этого типоразмера и извлечены металлические фигурные шайбы — контакты анода и катода. С внутренних сторон к ним подпаяны провода, а затем шайбы приклеены термоклеем к пластиковой трубке диаметром 12 мм. Провода пропущены внутри трубки и выходят в боковое отверстие. Такая конструкция позволяет легко удалить переходник и установить штатный элемент питания.

Платы размещены в свободном пространстве пластикового корпуса часов (**рис. 15**). После

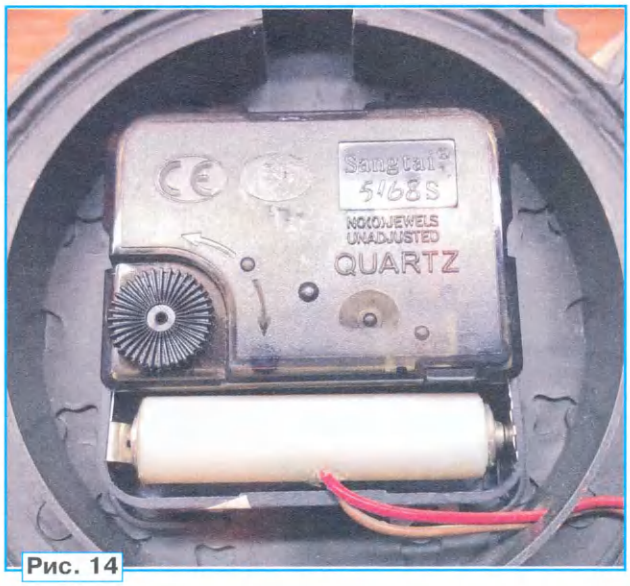


Рис. 14

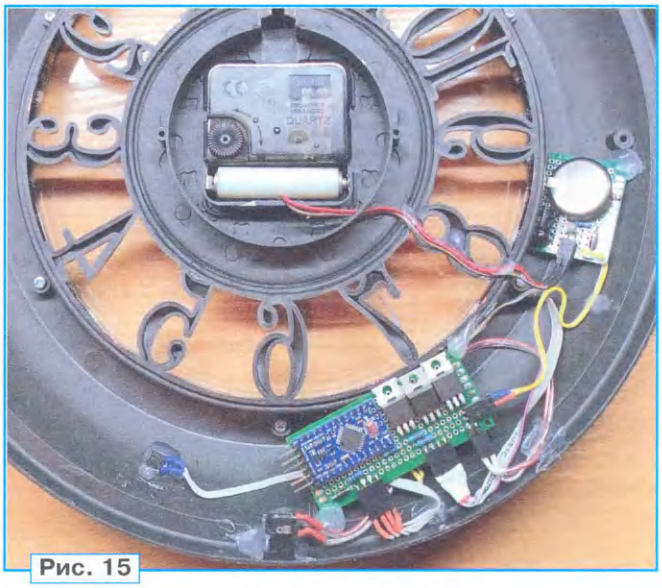


Рис. 15

монтажа и проверки работы платы закреплены термоклеем. При желании их можно соединить с использованием разъёмов. Кнопка и фоторезистор размещены на корпусе часов, причём фоторезистор необходимо устанавливать так, чтобы на него не попадал свет от светодиодной ленты. В некоторых случаях на него можно надеть небольшой отрезок чёрной ПВХ-трубки.

Резисторы — типа МЛТ, С2-23, оксидный конденсатор — К50-35 или импортный. Применённые полевые транзисторы [2] по мощности избыточны для этой конструкции. Можно использовать любые другие соответствующей структуры с меньшим допустимым током. Для выбора длины отрезка светодиодной ленты необходимо измерить или рассчитать периметр участка, на котором она будет установлена. В большинстве случаев корпус часов круглый, поэтому достаточно будет измерить его диаметр и рассчитать длину отрезка. В большинстве случаев полученное значение длины не будет кратно размеру единичного элемента реза ленты. Поэтому рассчитанное значение нужно округлить в большую сторону кратно размеру реза. Например, если диаметр часов равен 20 см, длина окружности будет около 63 см. Единичный отрезок используемой ленты кратен десяти, поэтому понадобится 70 см. Конечно, можно взять ленту длиной 60 см, но тогда визуально получится пустое место. Возникает вопрос, что делать с лишним отрезком длиной 7 см? Один светодиод ещё поместится, но куда девать оставшиеся два? Их можно спрятать с обратной стороны часов. Для этого прорезают паз для лишней части ленты. Затем её необходимо поместить в чёрную термоусаживаемую трубку, чтобы не было лишней засветки.

Установка такой подсветки в различные часы выявила плохую адгезию клеящего слоя светодиодной ленты с их криволинейной поверхностью. Со временем лента начинает отклеиваться, поэтому приходится как-то решать эту проблему. Были проведены эксперименты с различными клеями, но они не смогли справиться на все сто процентов. Единственный клей, который смог, — термоклей. Но нужен немалый опыт, чтобы его равномерно нанести на ленту и при этом ровно и быстро уложить ленту на своё место, пока клей не затвердел. Идеальное, на мой взгляд, решение — дополнительно пришивать ленту к корпусу часов. Для этого необходимо произвести разметку, где будут отверстия маленького диаметра для стежков, сверху и снизу ленты. Стежок не должен попадать на светодиод или токоограничивающий резистор, а проходить между ними. Естественно, чем больше стежков, тем надёжнее крепление. Вполне достаточно сделать их через 2...3 см. Лучше всего ленту пришивать рыболовной прозрачной леской. Она очень прочная и менее заметна на фоне ленты, чем нить из других материалов.

Разработка эффектов — творческий процесс. И он не менее интересен, чем написание алгоритма основной программы. Поэтому есть где с удовольствием провести свободное время.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Карпачев А.** И снова о питании электронно-механических часов от сети. — Радио, 2019, № 7, с. 17, 18.
2. IRFZ44NP. — URL: **https://clck.ru/3HrZ6o** (18.03.25).

От редакции. *Чертежи печатных плат находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/11/podsvet.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Цифровые часы—метеостанция с сенсорным управлением—2

В. КИБА, г. Волжский Волгоградской обл.

Со времени разработки первых часов—метеостанции [1] прошло уже достаточно времени, и я не собирался повторять разработанное. Но ничто не вечно под луной: вышли из строя очередные часы, изготовленные на заре перехода от транзисторно-микросхемных технологий к технологиям на микроконтроллерах (МК). Поскольку неинтересно повторять уже разработанные ранее устройства, были начаты поиски элементов для разработки новых часов, чтобы они были оригинальными. За время предыдущих экспериментов накопилось шесть различных семидюймовых дисплеев, поэтому один из них и был использован, тем более часы должны были находиться в зале и привлекать внимание всех входящих своей оригинальностью и эксклюзивностью. Для оригинальности в часы был добавлен MP3-плеер для озвучивания времени голосом или боем курантов на выбор конечного пользователя.

Схема часов показана на **рис. 1**. Модуль дисплея на схеме не показан, поскольку Arduino Mega 2560 и 7" LCD TFT-дисплей на драйвере SSD1963 собирают сэндвичем, и они представляют собой единый узел A5. Поскольку дисплей работает с уровнями сигналов напряжением 3,2 В, а Arduino Mega 2560 — с уровнями 5 В, для согласования уровней сигналов применена плата согласования уровней TFT LCD SHIELD [2], показанная на **рис. 2**, или любая подобная.

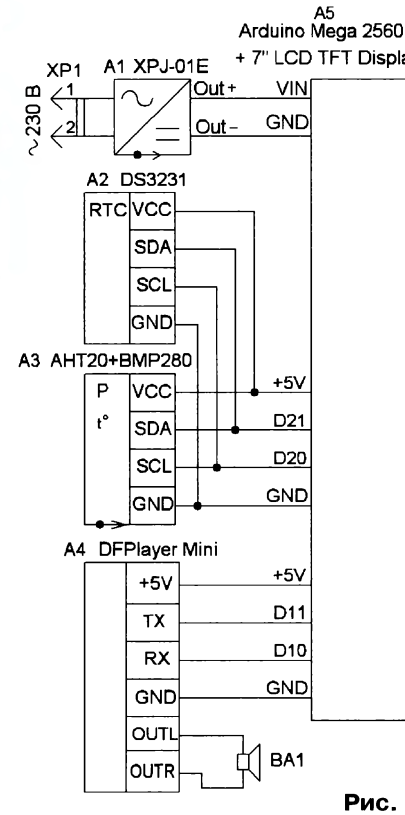


Рис. 1

РАДИО № 11, 2025
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Она установлена между Arduino Mega 2560 и 7" LCD TFT-дисплеем, в итоге получается трёхэтажный сэндвич. По шине I²C модуль МК получает информацию о времени от RTC-модуля A2 на микросхеме DS3231, а также температуру, давление и влажность от модуля A3 на микросхемах AHT20+ +BMP280. Звук воспроизводится с помощью MP3-модуля DFPlayer Mini [3] A4, подключённого к микроконтроллеру по шине SoftwareSerial. При включении устройства происходит инициализация МК, дисплея, RTC-модуля A2, а также модулей A3 и A4. В конце инициализации МК считывает данные из EEPROM. Перейдя в основной режим работы, МК получает информацию из модулей A2—A4 и выводит её на 7" LCD TFT-дисплей. Вместо паскалей атмосферное давление переводится в привычные нам миллиметры ртутного столба. В часах реализованы два режима индикации: дневной яркий, показанный на **рис. 3**, и ночной, показанный на **рис. 4**, чтобы не раздражать своим свечением в тёмное время суток. Дневной режим работает с 7.00 до 21.00, ночной — с 21.00 до 7.00.

Управление часами производится нажатием на экранные кнопки (touchscreen) как в смартфонах. При нажатии происходит блокировка, изменения происходят после отпускания кнопки, нажатие на кнопку сопровождается звуковым сигналом. Время изменяют нажатием на цифру, причём нажатие в верхней половине цифры увеличивает её значение, а в нижней половине цифры уменьшает. Дату изменяют нажатием на левый или правый край выбранного параметра, левый уменьшает значение, правый увеличивает значение. Время установки будильника выбирают нажатием в центре экрана в районе мигающих точек между часами и минутами. При первом нажатии выводится время включения будильника, которое можно изменять по тому же принципу, что и время часов. При

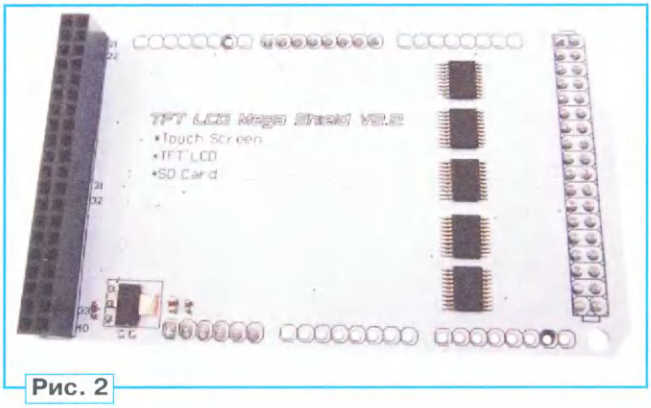


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

повторном нажатии, если производилась корректировка времени включения будильника, происходит запись времени включения будильника в EEPROM МК. Выход в основной режим работы — поочерёдное переключение точек сменяется на мигающее двоеточие, что указывает на то, что будильник включится в заданное время. Если корректировка времени будильника не производилась, основной режим работы включается без записи в EEPROM МК. Время звучания будильника — до окончания звукового файла, выключить его можно в любой момент нажатием на экран в районе индикации секунд.

По умолчанию на дисплей выводится информация о температуре, влажности, высоте и атмосферном давлении. Информация по высоте чисто оценочная.Там, где я живу, по карте определил, что высота должна быть 20 м, но у меня она плавает в пределах 100 единиц, и нигде нет информации, как правильно настроить альтиметр. В модулях A2, A3 находятся три датчика измерения температуры, и их показания можно циклически выводить на дисплей нажатием на поле рамки индикации температуры. По умолчанию выводятся показания температуры с микросхемы AHT20 — CELS-AHT, и дальше можно переключать последовательно по кольцу, BMP280 — CELS-BMP, DS3231 — CELS-DS.

В папке "Команды MP3" находится папка "mp3", в которой размещены файлы для озвучивания плеером A4. Любую подходящую SD-флешку сначала форматируют, а потом записывают на неё папку "mp3". После записи на флешку на ней нельзя что-нибудь изменять, иначе нарушится порядок воспроизведения звуковых файлов. Если есть желание изменить воспроизводимые звуки, сначала это делают на компьютере, форматируют флешку и копируют папку "mp3" на неё.

Нажатием на кнопку SET переходят в режим

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

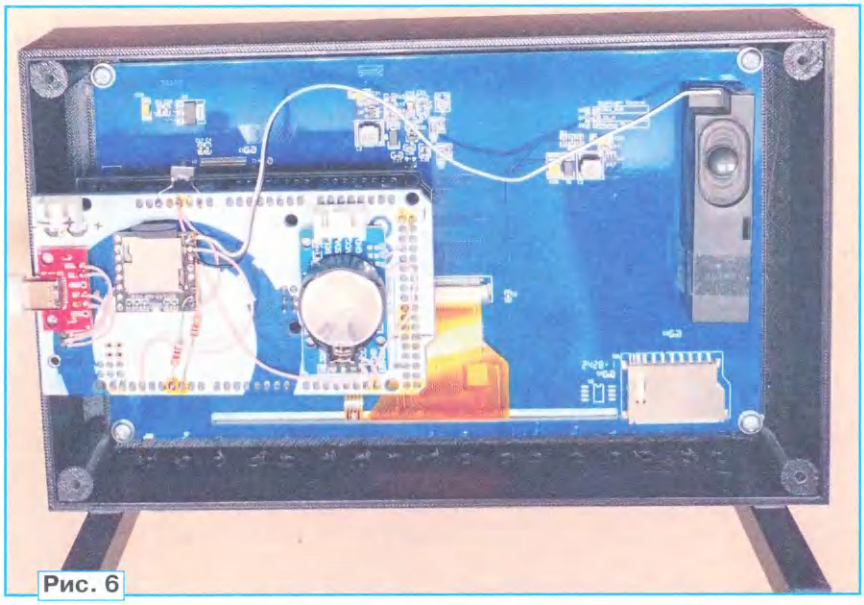


Рис. 6

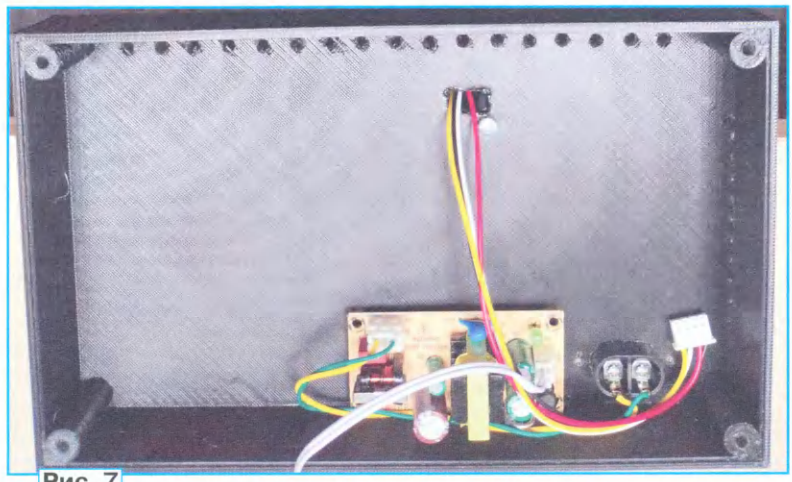


Рис. 7

установки цвета информации на дисплей, показанный на **рис. 5**. Кнопкой DAY выбирают дневной режим индикации, кнопкой NIGHT — ночной, кнопкой FON — цвет поля, на которое выводится информация, кнопкой DIGIT — цвет цифр. Изменяемый параметр меняет цвет на жёлтый. Выбрать цвет (всего их восемь) можно нажатием на любую из восьми кнопок. Если вы хотите посмотреть результат изменений цвета выводимой информации, нажимаете на кнопку EXIT, часы выходят в основной режим, и будут видны изменения. Если результат устраивает, надо зайти в режим изменения цвета индикации и нажать на кнопку SAVE, после этого происходит запись изменений в EEPROM МК с последующим выходом в основной режим работы.

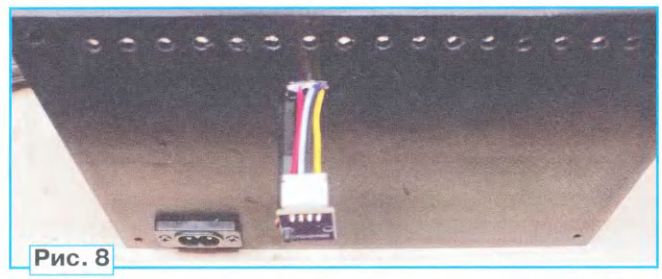


Рис. 8

Каждый час подаётся звуковой сигнал голосом, в зависимости от времени, или боем курантов от одного до двенадцати раз, с интервалом в одну секунду и получасовой сигнал. Выбор типа сигнала устанавливают нажатием на центральную часть кнопки, где указан регулятор уровня громкости воспроизведения. Также можно отключить озвучивание показаний времени. Кнопками "+" и "–", можно регулировать громкость воспроизведения часового сигнала, а для дня и ночи можно установить разную громкость сигнала.

Корпус часов размерами 210×120×50 мм разработан в программе FREECAD и распечатан на 3D-принтере. Корпус состоит из передней, задней частей и ножек, в папке "Корпус" находятся файлы с расширением STL для печати на 3D-принтере. Корпус простейший, желающие могут разработать свой. Расположение плат в его передней части показано на **рис. 6**. Дисплей вставляют в вырез для него в передней части корпуса. Положение дисплея регулируют прокладками, чтобы он в передней части не выступал за корпус, затем его крепят к корпусу четырьмя винтами М3.

Блок питания А1 — XPJ-01E [4] сетевой с выходным стабилизированным напряжением 9 В и током до 2 А, он расположен на задней части корпуса вместе с сетевым разъёмом (**рис. 7**). Остальные модули и динамическая головка ВА1 (диаметр — 50 мм, сопротивление — 50 Ом) приклеены к плате Arduino с помощью двухсторонней липкой ленты. Поскольку внутри часов температура может быть до 40 °С, модуль А3 сделан выносным и закреплён снаружи на стойке длиной 50 мм, как показано на **рис. 8**. Для вентиляции в нижней части передней половины корпуса просверлен ряд отверстий диаметром 4 мм, такие же отверстия сделаны в задней части корпуса вверху и внизу.

Перед первым запуском программы в функции SETUP надо разблокировать строку **EEPROM_Write();** для записи данных в EEPROM при программировании МК. В EEPROM будут записаны установки цвета дисплея по умолчанию. После прошивки и запуска часов снова блокируют **EEPROM_Write();**. Все библиотеки, применённые в программах, можно скачать с сайта GitHub.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Киба В.** Цифровые часы—метеостанция с сенсорным управлением. — Радио, 2022, № 2, с. 33, 34.

2. TFT LCD Shield Expansion Module. — URL: **https://clck.ru/3NoDep** (22.08.25).

3. MP3-модуль DFPlayer Mini diymore. — URL: **https://clck.ru/3NoDpH** (22.08.25).

4. Импульсный источник питания. — URL: **https://clck.ru/3NoDuk** (22.08.25).

От редакции. *Скетчи для программирования, файлы для 3D-принтера находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/11/meteo2.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Из истории отечественного телевидения

А. ЧЕЧНЕВ, колледж связи № 54, г. Москва

Телевизионные приёмники

В филиале ВНИИТ за период с февраля 1946 г. по октябрь 1947 г. в г. Арнштадте немецкими специалистами были разработаны:

1. Настольный телевизионный приёмник Т-1-А на 625 строк, согласно советскому стандарту, с квадратной (12 дюймов) или круглой (9 дюймов) трубкой. Приёмник, в основном, был создан на советских лампах металлической серии, кинескоп, пентоды развёрток и высоковольтный кенотрон — разработки и производства филиала ВНИИТ.

Продолжение.
Начало см. в "Радио", 2025, № 10

Была обеспечена возможность приёма одной телевизионной программы и переход с приёма телевидения на приём УКВ-радиовещания с частотной модуляцией. Чувствительность приёмника по каналу изображения — 300 мкВ, по каналу звука — 200 мкВ. Полоса пропускания — 3,5 МГц.

Был разработан и изготовлен полный комплект оборудования для производства телеприёмников, с помощью которого была выпущена опытная партия (150 шт.) и произведена заготовка деталей ещё для 500 приёмников. Полная техническая документация была отправлена в МПСС в декабре 1946 г. вместе с образцами 7-дюймовых кинескопов. Позже, 18 апреля 1947 г. шесть образцов телевизионных приёмников Т-1-А самолётом были отправлены в СССР вместе с комплектом скорректированной технической документации. В документах фото внешнего вида приведено в трёх вариантах оформления корпуса (**фото 12**—**фото 15**).

2. Настольный телевизионный приёмник Т-1 на 441 строку с 12- и 9-дюймовыми кинескопами для приёма одной телевизионной программы со звуковым сопровождением. Схема и параметры этого приёмника аналогичны приёмнику Т-1-А. Использована блочная конструкция. Выпущена серия из 120 шт. К большому сожалению, найти где-либо фото внешнего вида не удалось.

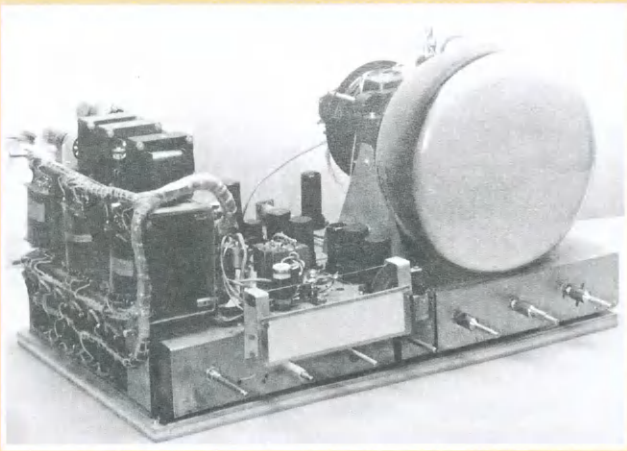


Фото 12

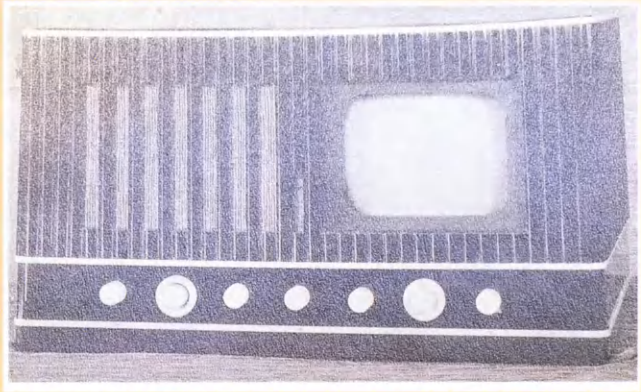


Фото 14

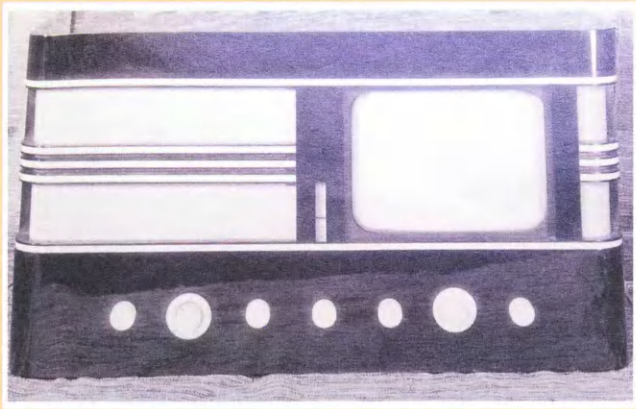


Фото 13

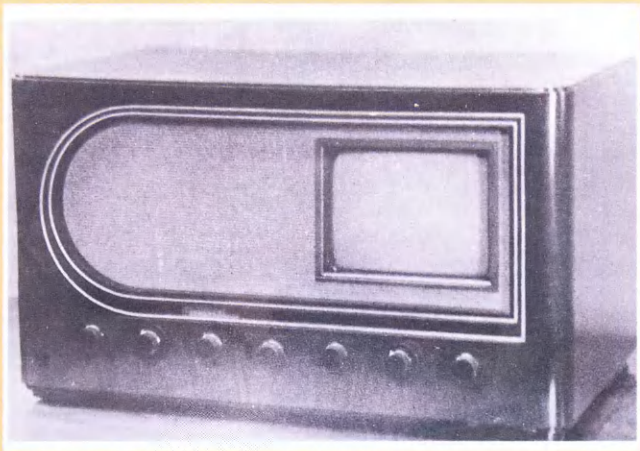


Фото 15

3. Настольный телевизионный приёмник Т-2-А на 625 строк с 12-дюймовым кинескопом (14×18 см). Приёмник предназначался для приёма двух телевизионных программ, имел УКВ-диапазон для приёма радиопередач с ЧМ и три радиовещательных диапазона с амплитудной модуляцией. Была разработана электрическая схема на немецкой комплектации. В начале

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

26. Тема № 3 "Консольный телевизионный приемник Т-3А /2 телевизионных программы, изображение 18 х 24 см, прием вещания на УКВ с частотной модуляцией и с широковещательным приемником I-го класса" /выполнение – 5%/,

27. Тема № 4 4консольный телевизионный приемник Т-4А /как Т-3А, но с проекционной трубкой, размер изображения 45 х 30 см./"/ выполнение – 30%/.

Фото 16

Фото 17

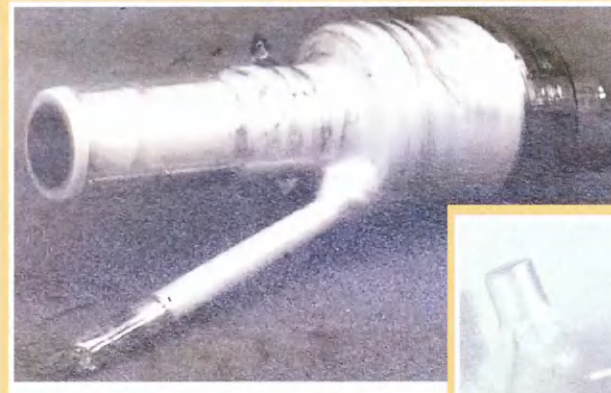


Фото 19

Фото 20

Тип	Ø фото катода	Ø сигнал. пластинки	Расстояние между-катод. и сигнал пл.	Угол наклона прожектора к оси трубки.
Иконоскопы с перенос. изображения:	RJ – 3	55мм	115мм	315мм	18°
	RJ – 4	55мм	80мм	270мм	26°
	JS – 9	40мм	50мм	200мм	28°
Нормальн. иконоскоп.	Большой средний малый.				

Фото 18

Обеспечение работ

Необходимо сказать, что для разработки и налаживания телевизионной техники лабораториями Арнштадта были разработаны уникальные для того времени измерительные приборы. Среди них свип-генераторы для налаживания усилителей промежуточной и высокой частоты телевизионных приёмников, катодные осциллографы с широкой полосой пропускания, специальная аппаратура для испытания узлов приёмника Т-1-А, специализированный измеритель параметров и формы импульсных сигналов, ламповые вольтметры и др.

Вакуумной лабораторией филиала были созданы три типа кинескопов с разрешающей способностью 625 строк:

— 7-дюймовый RB-2 с анодным напряжением 5...6 кВ;

— 9-дюймовый RB-3 с анодным напряжением 6...8 кВ;

— 12-дюймовый RB-4 с четырёхугольной колбой и анодным напряжением 6...8 кВ (**фото 17**).

Все кинескопы имели магнитную фокусировку и отклонение луча. В 1947 г. была выпущена первая промышленная партия кинескопов (100 шт.), и дальнейшее их производство было передано на специализированный завод в г. Горнсдорфе, также относившийся в то время к филиалу ВНИИТ. Разработка передающих трубок RJ-3, RJ-4, JS-9 (**фото 18**, **фото 19**) не была закончена по причине ликвидации филиала и перебазирования всего оборудования и ведущих специалистов в СССР. Для телевизора Т-1-А был разработан специальный выходной пентод RF1 с торированным катодом. К середине 1947 г. опытным производством было выпущено 200 шт. этих пентодов, затем производство было также передано в Горнсдорф (**фото 20**).

1947 г. был изготовлен действующий макет приёмника.

Чуть позже начались работы по телевизионным приёмникам с повышенными потребительскими свойствами — консольному комбайну Т-3-А и проекционному телевизору Т-4-А (**фото 16**). Работы в Германии не были завершены ввиду демонтажа оборудования и отправки в Союз. Завершали разработку этих приёмников, как и перевод Т-2-А на отечественную элементную базу, уже в СКБ-833.

(Окончание следует)

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Необычный способ ремонта тонометра OMRON MX2 Basic

А. ШУМИЛОВ, г. Архангельск

Внезапно в самую жаркую погоду стал частично неисправным тонометр OMRON MX2 Basic (ориентировочно 2006 г. выпуска). Неисправность заключалась в пропадании части сегментов у цифрового ЖКИ артериального давления и пульса. В результате прибор стал неинформативным и требовал срочного ремонта, поскольку пользователю необходим ежедневный точный контроль артериального давления и пульса.

Для разборки такого тонометра (далее — устройство) требуется только стандартная крестовая отвёртка и отвинчивание двух винтов-саморезов в нижней части корпуса. Немного забегая вперёд, скажу, что для устранения указанной выше неисправности также потребуются: паяльник мощностью 40 Вт, отрезок картона размерами 20×40 мм толщиной 0,4...0,5 мм и пинцет (или хирургический зажим).

Внешний вид включённого неисправного устройства показан на **рис. 1**.

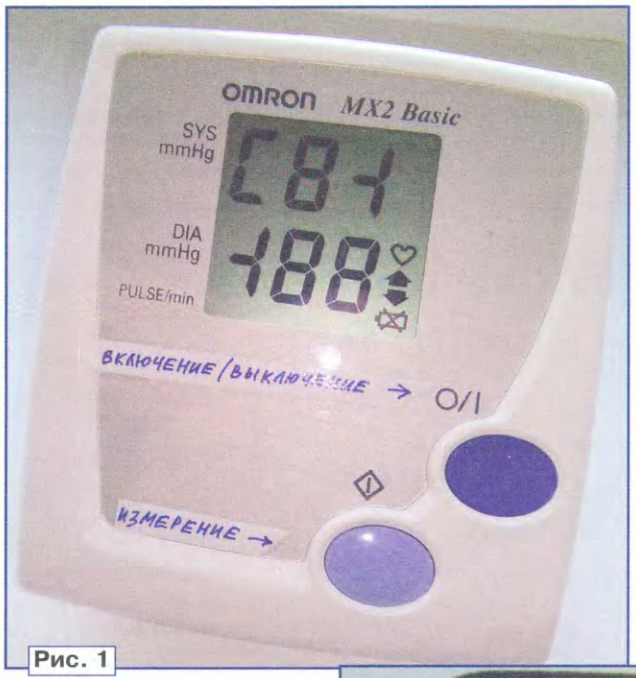


Рис. 1

После снятия верхней крышки устройства появляется доступ к печатной плате и цифровому индикатору (**рис. 2**). Цифровой индикатор соединяется с печатной платой с помощью приклеенного тонкого гибкого шлейфа. Когда устройство было временно включено, прижатием пальцем этого шлейфа к индикатору и к плате было выяснено отсутствие контакта некоторых проводников шлейфа именно с проводниками на печатной плате.

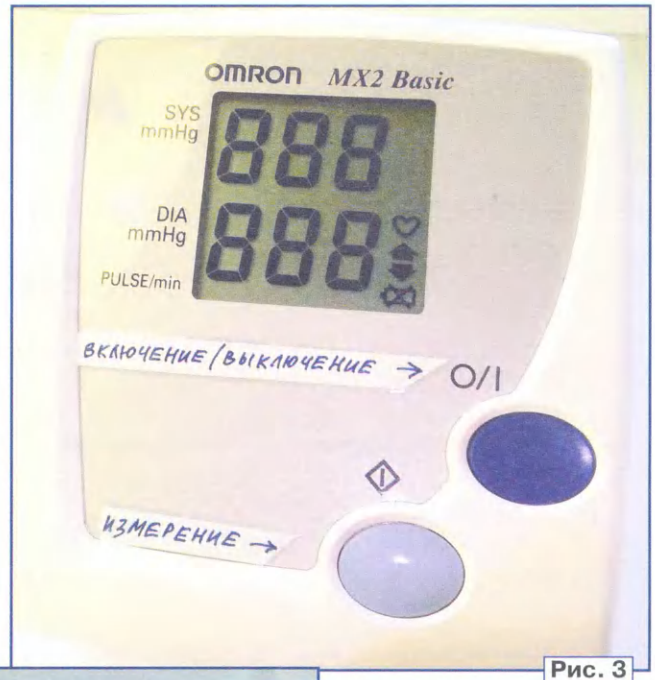


Рис. 3

Рис. 2

Поскольку этот шлейф приклеен к печатной плате, то восстановление его контакта с печатной платой с помощью пайки проводников невозможно.

Несколько лет назад на одном из форумов в Интернете, посвящённом вопросу ремонта сотовых телефонов, был дан практический совет по ремонту таких приклеиваемых шлейфов, а именно — проглаживанием отклеившегося шлейфа паяльником через лист картона.

Поскольку иных вариантов восстановления работоспособности устройства не имелось, то автор этих строк решил попробовать восстановить контактирование шлейфа с печатной платой именно вышеупомянутым методом.

Процесс "ремонта" заключался в накладывании отрезка картона на

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

место прогреваемого конца шлейфа, удерживании этого отрезка с помощью пинцета (зажима) от смещения и медленном продвижении жала паяльника по картону вдоль места контактирования шлейфа с печатной платой. Поскольку после первого раза такого проглаживания не все сегменты цифрового индикатора появились на дисплее, такой процесс был повторён ещё два-три раза до полного проявления этих сегментов на дисплее устройства. Не лишним будет отметить, что в процессе проведения такого "ремонта" устройство обязательно должно быть отключено от источника питания. Внешний вид включённого отремонтированного устройства показан на **рис. 3**.

Обращаем внимание авторов журнала "Радио"!

За опубликованные в журнале статьи выплачивается гонорар. В настоящее время размер гонорара за технические статьи (описание конструкций или технических решений) — 1500 руб. за полосу (страницу в журнале), за научно-популярные и информационные — 1000 руб. за полосу.

Материалы статей (текстовые и графические в распространённых форматах *.doc, *.bmp, *.jpg) желательно высылать по электронной почте на адрес **mail@radio.ru**. Полученные авторские материалы редактируются и затем высылаются авторам на согласование. Сроки публикации зависят от продолжительности редактирования и наличия в редакционном портфеле аналогичных статей.

Редакция

Ремонт разъёма блока питания ноутбука Asus Eee PC4G

И. АНДРИАНОВ, г. Измаил, Одесская обл., Украина

В сентябрьском номере журнала "Радио" за 2023 г. на с. 40 была опубликована моя заметка о ремонте блока питания ноутбука Asus Eee PC4G (**Андрианов И.** Ремонт блока питания ноутбука Asus Eee PC4G). С тех пор он бесперебойно работал чуть более двух лет. Но недавно при попытке включить компьютер выяснилось, что произошла очередная поломка. Проверка с помощью авометра показала, что короткого замыкания в соединительном шнуре нет. Манипуляции с концом шнура, примыкающим к штепсельному разъёму, показали, что, вероятнее всего, произошёл обрыв центральной жилы кабеля питания в месте подсоединения к разъёму.

Фото 1

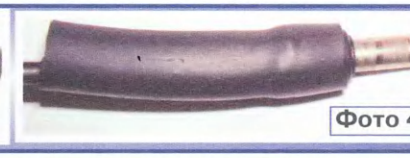
Фото 2

Поэтому кабель был разрезан примерно в трёх сантиметрах от разъёма. Потянул центральную жилу, и она... свободно вышла. Поскольку оболочка разъёма литая, пришлось прибегнуть к помощи лезвия безопасной бритвы и маленьких ножниц. Сделав несколько разрезов, добрался до контактов разъёма (**фото 1**).

Разъём был зажат в небольших тисках, после чего к его центральному контакту припаяна центральная жила кабеля (**фото 2**). Место пайки было обмотано тремя слоями изоляционной ленты для предотвращения короткого замыкания. Затем к внешнему контакту разъёма была припаяна оплётка кабеля питания (**фото 3**). Перед пайкой на кабель был надет отрезок толстой ПВХ трубки с внутренним диаметром 8 мм, который позволял посадить его внатяг на остаток корпуса штепсельного разъёма диаметром 9 мм (**фото 4**). Этот отрезок на кабеле был закреплён с помощью ниточного бандажа, промазанного клеем. ПВХ-трубку без бандажа можно заменить несколькими термоусаживаемыми трубками разного диаметра, которые последовательно надевают друг на друга с последовательным прогревом с помощью термофена. В результате получился вполне надёжный штепсельный разъём, и ноутбук снова работает.

Фото 3

Фото 4



Следует объяснить необходимость такого ремонта. Дело в том, что достаточно быстро приобрести подходящий разъём или кабель с разъёмом не удалось из-за относительной "уникальности" диаметра его внешнего контакта. Из всех имеющихся в продаже разъёмов ни один не подошёл. Возможно, информация о произведённом мною ремонте пригодится обладателям ноутбуков и другой аппаратуры с "устаревшими" или "редкими" разъёмами, которые сейчас трудно найти в продаже.

РАДИО о связи
E-mail: mail@radio.ru
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Княжий автомобильный крестный ход

Борис ШИКЛО (RM9M), г. Омск

Существует множество различных радиолюбительских объединений по интересам. Одно из таких объединений — "Клуб православных радиолюбителей" (**orthodox-amateur-radio.ru**), созданный Иваном Плаховым (R2DIC) и в настоящее время объединяющий 30 радиолюбителей.

Клубу присущи стандартные радиолюбительские виды деятельности: дипломная программа, которая размещена на **logradio.ru**, выпуск тематических QSL, общение по интересам. Есть и "изюминка" — это работа в эфире с территории православных храмов и монастырей, особенно древних и удалённых от цивилизации. Этот вид деятельности замечательно сочетается с программой RDA, позволяя активировать редкие районы.

В период с 11-го по 14 сентября 2025 г. автор статьи, как представитель клуба, принял участие в Княжем автомобильном крестном ходе по отдалённым северным районам Омской обл.

Храм Александра Невского и RM9M.

Первым храмом, около которого была развёрнута радиостанция, был храм во имя Святого Благоверного князя Александра Невского в с. Екатериновка Тевризского района. Район RDA — OM-38, трансивер — FT-897, мощность — 100 Вт. Антенна — диполь диапазона 20 метров.

Крестный ход.

Храм Василия Блаженного.

Храм уникальный, жемчужина деревянного зодчества, год постройки — 1904. Работа в эфире производилась из автомобиля, проведено 20 QSO SSB. Больше не позволило время, надо было торопиться на паром через Иртыш.

Второй храм, храм Василия Блаженного в с. Вятка Усть-Ишимского района Омской области (RDA OM-40), расположен в более труднодоступном месте, чем первый. Чтобы попасть в с. Вятку, необходимо преодолеть 530 км на автомобиле, 25 км на катере по Иртышу и, наконец, 6 км пешком от с. Кайсы до с. Вятка.

RM9M в селе Екатериновка.

Поскольку автомобиль пришлось оставить, оборудование было — малогабаритный QRP-трансивер G1M с выходной мощностью 5 Вт, антенна — тот же диполь на диапазон 14 МГц. Прохождение не радовало — всего два QSO, но когда это расстраивало любителя QRP?

Сезон дальних радиолюбительских путешествий практически закрыт — в Западной Сибири приближается зима, поэтому сейчас самое время для разработки планов и подготовки оборудования на следующий сезон.

РАДИО
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ
начинающим

Простые зарядные устройства на основе индикатора напряжения

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

На просторах Интернета можно недорого приобрести так называемые индикаторы напряжения (ёмкости) Li-Ion аккумулятора или батареи на их основе. Один из таких индикаторов [1] показан на **рис. 1** и **рис. 2**. Он снабжён стилизованным под элемент питания индикатором на светодиодах. Контур элемента подсвечивается шестью светодиодами одного цвета, а внутренние сегменты — другого свечения. Младший сегмент — справа. Потребляемый ток при всех включённых сегментах — 9,5 мА. Цветовые варианты исполнения светодиодного индикатора могут быть различными. Краткое описание этого индикатора приведено в [2].

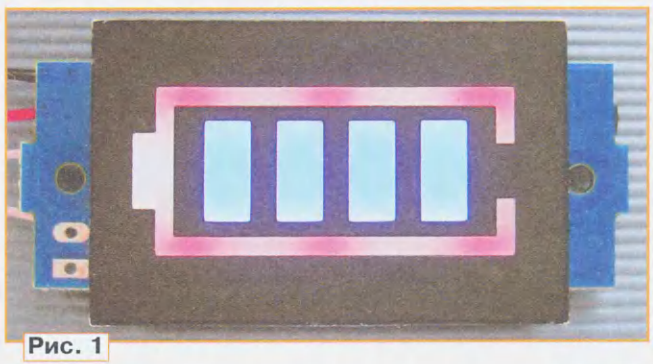


Рис. 1

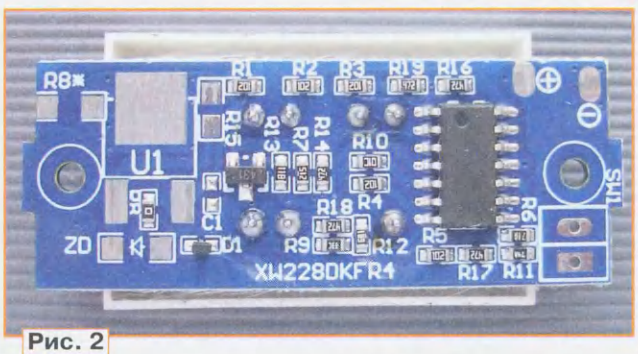


Рис. 2

Это устройство представляет собой простой ступенчатый индикатор напряжения, по которому можно оценить напряжение аккумулятора (батареи), а значит, косвенно и его оставшуюся ёмкость. Использованный вариант исполнения индикатора предназначен для контроля ёмкости одного Li-Ion аккумулятора. Но на плате есть несколько свободных посадочных мест для дополнительных элементов, установка которых приводит к изменению интервала индицируемых напряжений. Поэтому существует несколько вариантов исполнения такого индикатора для проверки батареи из нескольких последовательно соединённых Li-Ion аккумуляторов.

Чтобы определить, в каких ещё устройствах можно применить такой индикатор, рассмотрим его схему, которая показана на **рис. 3**. Она нарисована на основании топологии печатной платы. Нумерация большинства элементов соответствует маркировке на плате, кроме микросхем, для которых использована маркировка DA1 и DA2, а также светодиодного индикатора HL1. На микросхеме DA1 присутствует маркировка 431, т. е. это микросхема параллельного стабилизатора напряжения серии xx431xx в корпусе SOT-23. Маркировка на микросхеме DA2 удалена, но по схеме включения удалось определить, что она из серии xx324xx в корпусе SO-14 и содержит четыре ОУ общего назначения, которые работают как компараторы.

На микросхеме DA1 собран источник образцового напряжения +2,5 В, которое через делитель напряжения R7R14 (+1,2 В) поступает на инвертирующие входы ОУ DA2.1—DA2.4. На неинвертирующие входы этих ОУ поступает напряжение с резистивного делителя R9R12R11R6R10, от параметров которого зависят

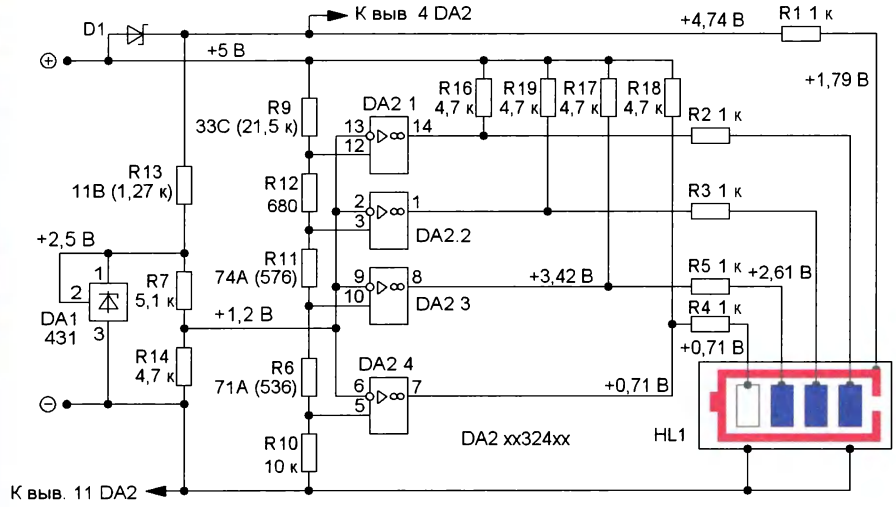


Рис. 3

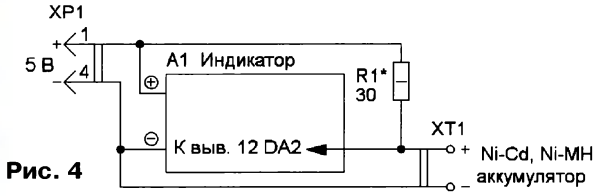


Рис. 4

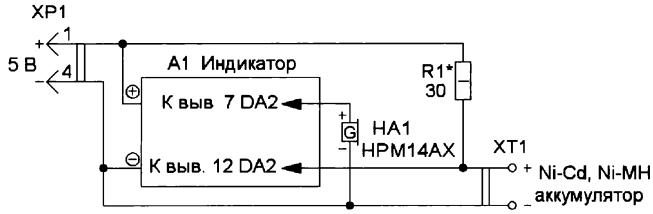


Рис. 5

пороги переключения компараторов. Выходы всех ОУ подключены через токоограничивающие резисторы к сегментам светодиодного индикатора HL1. Поскольку верхний по схеме резистор R9 делителя подключён к линии питания, этот индикатор контролирует именно своё напряжение питания, т. е. аккумулятора, к которому подключён. Если подать контролируемое напряжение непосредственно на неинвертирующий вход ОУ DA2.1, сегменты светодиодного индикатора HL1 будут переключаться при другом напряжении. В **табл. 1** приведены пороговые напряжения переключения компараторов (напряжения включения сегментов) для этих двух вариантов. Напряжения в разных точках устройства указаны при напряжении питания 5 В на выключенном старшем (четвёртом) сегменте и включённых остальных. Такой индикатор можно использовать для построения зарядного устройства (ЗУ) с индикацией окончания зарядки.

тажного или обмоточного провода. Требуемый зарядный ток Ni-Cd или Ni-MH аккумуляторов зависит от их типа, ёмкости и может быть в интервале 0,1...0,5 С, где С — его ёмкость в миллиампер-часах [2]. Сопротивление токозадающего резистора можно рассчитать по формуле $R1 = 3,8/I_{ср}$, где $I_{ср}$ — средний ток зарядки. На этом резисторе будет выделяться мощность $P_{R1} = 3,8 \cdot I_{ср}$, поэтому резистор должен иметь соответствующую паспортную рассеиваемую мощность с запасом.

Сначала подключают ЗУ к источнику питания, при этом будут светить все сегменты. После установки в держатель заряжаемого аккумулятора все или часть сегментов должны погаснуть. По мере зарядки аккумулятора сегменты индикатора станут постепенно включаться, и когда включится четвёртый, она закончена. Так можно наблюдать за процессом зарядки и её окончанием.

Таблица 1

Контролируемое напряжение	Номер сегмента			
	1	2	3	4
	Напряжение включения, В			
Uвх = Uпит	3,38	3,61	3,8	3,99
Uвх = Uвыв. 12	1,2	1,27	1,34	1,41

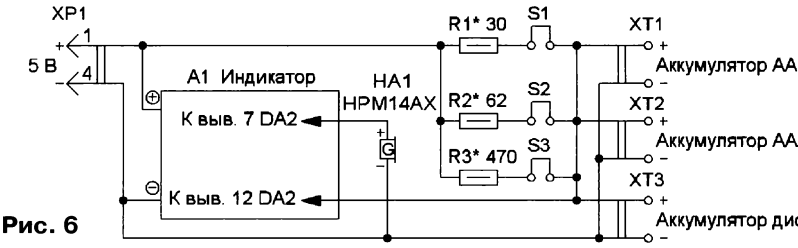
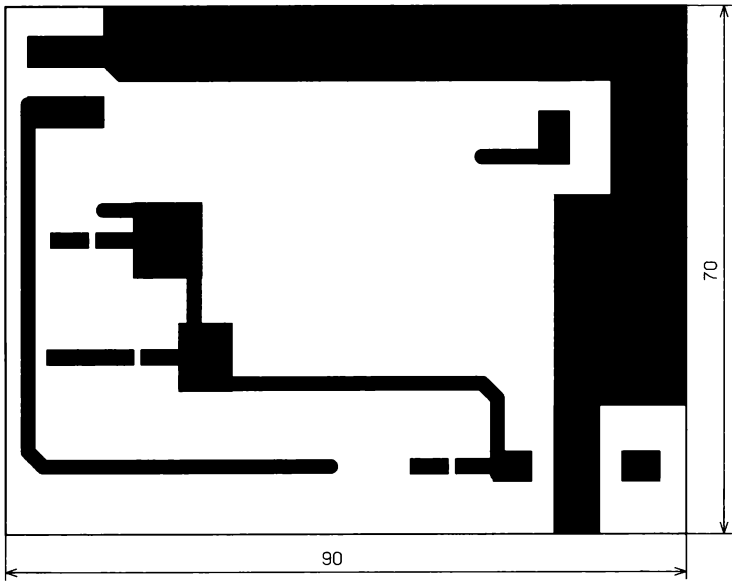


Рис. 6

Самый простой вариант такого ЗУ для одного Ni-Cd или Ni-MH аккумулятора показан на **рис. 4**. Он содержит резистор R1, который задаёт зарядный ток, зависящий от ёмкости заряжаемого аккумулятора, и собственно индикатор A1. Питать такое ЗУ удобно от источника питания с выходным напряжением 5 В (ЗУ смартфона, Power bank). Поскольку последний (четвёртый) сегмент светодиодного индикатора HL1 включается при напряжении на выводе 12 ОУ DA2.1 1,41 В и более, заряжаемый аккумулятор подключён именно к этому выводу. Сделать это можно с помощью изолированного мон-

Поскольку такое ЗУ не автоматическое, потребуется периодическая проверка состояния индикатора, что не очень удобно. Чтобы упростить эту задачу, в ЗУ можно установить звуковой сигнализатор. Схема такого варианта показана на **рис. 5**. Здесь подойдёт звуковой сигнализатор со встроенным генератором и номинальным напряжением питания 3...6 В. В этом ЗУ одновременно с включением четвёртого сегмента включится и звуковой сигнализатор. Поскольку как в первом, так и в этом варианте переключение ОУ происходит без гистерезиса, вблизи порога оно неустойчивое, поэтому по-



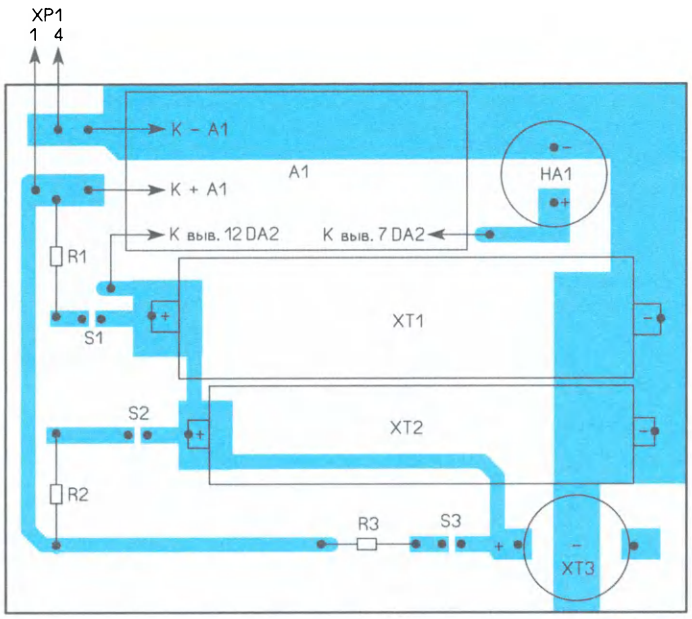


Рис. 7

следний (четвёртый) сегмент индикатора вспыхивает хаотически. При использовании звукового сигнализатора в этот момент он будет подавать прерывистый сигнал. Это означает, что аккумулятор полностью заряжен и его можно отключать. Через некоторое время свечение сегмента и звуковой сигнал станут постоянными.

Если ЗУ немного усложнить, с его помощью можно проводить зарядку Ni-Cd или Ni-MH аккумуляторов различных типоразмеров и ёмкости. Схема такого варианта приведена на **рис. 6**. Такое ЗУ может заряжать одновременно только один аккумулятор, его выбирают установкой перемычки S1—S3, а средний ток зарядки устанавливают подборкой соответствующего токозадающего резистора. Это ЗУ можно собрать на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, её чертёж показан на **рис. 7**. В этом варианте ЗУ на плате размещены держатели аккумуляторов типоразмера AA (XT1) [3], AAA (XT2) [4] и дисковый SR44 (XT3). Но, конечно, можно использовать другие типы и число держателей. Резисторы — МЛТ, С2-33, импортные, перемычки можно изготовить из однорядных разъёмов PLS и PLD. Индикатор приклеен к плате "секундным" клеем на пластмассовых стойках. С источником питания ЗУ соединено кабелем (закреплён термоклеем) с USB-разъёмом. Вид смонтированной платы показан на **рис. 8**.

В приведённых выше вариантах ЗУ резистор R9 (см. рис. 3) не оказывает влияния на пороги переключения компараторов, и его можно не удалять.

Следует отметить, что после зарядки аккумулятора при отключении ЗУ от источника питания напряжение аккумулятора через токозадающий резистор поступает на линию питания микросхемы DA2, а в ней через два выходных транзистора ОУ DA2.4 поступит на акустический излучатель. В результате на нём будет 0,77 В (измерено). Поскольку некоторые звуковые излучатели со встроенным генератором способны работать при таком напряжении, будет раздаваться звуковой сигнал.

Для зарядки батареи из двух Ni-Cd или Ni-MH аккумуляторов схему устройства надо немного изменить, она показана на **рис. 9**. Средний ток зарядки в этом случае задают подборкой резистора R1 = 2,6/$I_{ср}$. Напряжение включения четвёртого сегмента и звукового сигнализатора устанавливают подстроечным резистором R2. При установке этого напряжения 2,8 В сегменты будут включаться, как показано в **табл. 2**. В этом варианте ЗУ резистор R9 (см. рис. 3) уже оказывает влияние на пороги переключения компараторов, поэтому его следует аккуратно удалить.

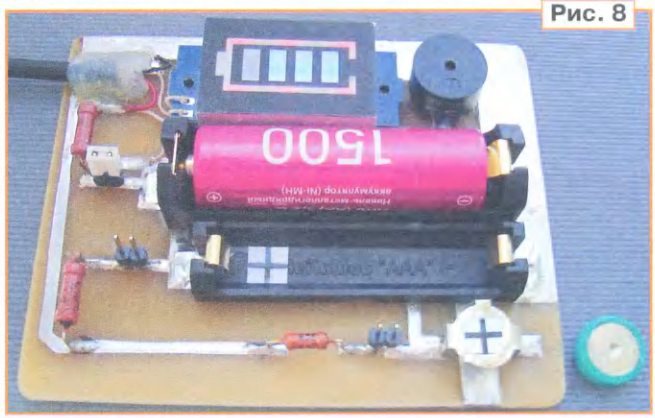


Рис. 8

Применив резистор R2 сопротивлением 33 кОм и установив средний ток зарядки подборкой резистора R1 = 1,4/$I_{ср}$, можно заряжать батарею из трёх последовательно соединённых Ni-Cd или Ni-MH аккумуляторов.

Таким ЗУ можно заряжать и Li-Ion аккумуляторы. Но поскольку они более чувствительны к перезарядке, схему ЗУ надо немного изменить (**рис. 10**). В неё дополнительно введён диод VD1, который уменьшает максимальное напряжение на Li-Ion аккумуляторе.

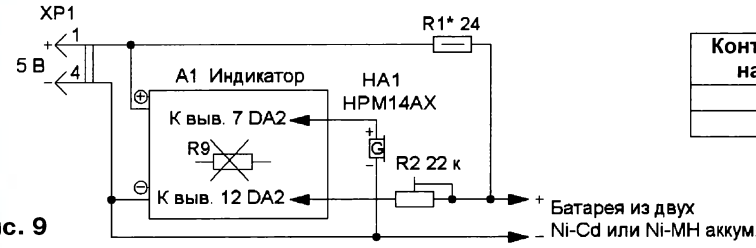


Рис. 9

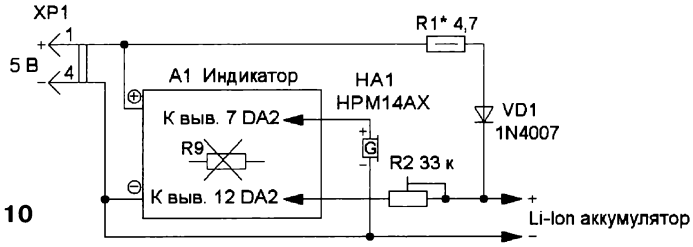


Рис. 10

Этим ЗУ можно проводить зарядку Li-FePO4 аккумуляторов [5], которые имеют меньшее напряжение при полной зарядке — 3,65 В. Такое пороговое напряжение устанавливают подстроечным резистором. При этом последовательно с диодом VD1 надо установить ещё один аналогичный диод.

Поскольку описанные ЗУ имеют простую конструкцию, некоторые из них можно изготовить без применения печатной платы, разместив все элементы и закрепив их клеем на пластине из изоляционного материала. Постоянные резисторы — МЛТ или импортные, подстроечные резисторы — СП3-3, СП3-19. Взамен диода 1N4007 можно применить кремниевый выпрямительный с максимальным допустимым прямым током 1 А. Для подключения блока питания можно использовать любые подходящие разъёмы, гнёзда или вилки. Для размещения аккумуляторов надо использовать соответствующие держатели или кассеты. Для установки порога срабатывания надо временно отключить резистор R1 и взамен аккумулятора или батареи аккумуляторов подключить регулируемый блок питания с выходным напряжением 1...5 В. Движок подстроечного резистора устанавливают в положение максимального сопротивления. Установив на выходе блока питания требуемое напряжение срабатывания звукового сигнализатора, плавным вращением движка подстроечного резистора добиваются появления звукового сигнала. Изменяя выходное напряжение регулируемого блока питания, проверяют порог включения сигнализации. При необходимости налаживание повторяют.

Таблица 2

Контролируемое напряжение	Номер сегмента			
	1	2	3	4
	Напряжение включения, В			
Uбат	2,39	2,54	2,66	2,8

Так на основе доступного и дешёвого индикатора напряжения можно быстро изготовить зарядное устройство для различных аккумуляторов, которое имеет неплохие параметры и снабжено световым и звуковым сигнализаторами процесса зарядки и её окончания.

ЛИТЕРАТУРА

1. GOHJMY 1-8S 1S 2S 3S 4S 6S 7S. Модуль индикатора ёмкости литиевой батареи. — URL: **https://clck.ru/3N9eFy** (17.07.25).

2. Spannungstester fьr 3,7V-Lithiumzellen (SPBKAS-5.8). — URL: https://clck.ru/3N9eQe (17.07.25).

3. Держатель батарей AA SZEKS. — URL: **https://clck.ru/3NLpw5** (17.07.25).

4. AAA держатель батареи SMD. — URL: **https://clck.ru/3NLpxr** (17.07.25).

5. Литий-железо-фосфатный аккумулятор. — URL: **https://clck.ru/3N9eMK** (17.07.25).

От редакции. *Чертёж печатной платы находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/11/zu.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Модернизация ёлки-гирлянды на светодиодах WS2812B

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

В статье пойдёт речь о модернизации конструкции ёлки-гирлянды, ранее описанной автором в одноимённой статье [1] на страницах журнала "Радио". Изменения проводились по трём направлениям: эффекты переключений светодиодов (пиксе-лей), способы управления лентой, внешний вид иллюминации.

После написания и просмотра более десятка эффектов пере-

ключения автор заметил, что в большинстве из них восприятие анимации ассоциируется с формой ёлки в виде конусной спирали (**рис. 1**, элемент 1). Это связано с распространением смены цветов пикселей вдоль ленты, с возрастанием или убыванием номера пикселя в ней. Для разнообразия было решено выделить в ленте, символизирующей ёлку 1, отдельные пиксели для имитации на ней гирлянд (элементы 2 и 3). В первом случае это четыре канала (обозначены красным, голубым, сиреневым и синим) по восемь пикселей. Светодиоды расположены как бы по образующим конуса. В математической модели для скетча номера пикселей сведены в четыре массива в качестве их элементов. Нумерация идёт от основания ёлки к вершине, общей для всех каналов (номер 7, элемент 2). Ещё один возможный вариант (элемент 3) — расположение каналов по окружностям сечений конуса. В этом случае будет шесть каналов по шесть пикселей в каждом. Автор на момент написания статьи проводил опыты с каналами по образующим конуса (эффекты 20, 21 и 22 в скетче). Такой подход позволяет отдельно анимировать контур ёлки, каналы и элементы каналов, т. е. строить трёхуровневые динамичные сцены переключений. На фоновое изображение ёлки желательно оставлять около двух третей пикселей, выделяя на каналы треть. Также желательно в гирляндах-каналах брать одинаковое число светодиодов. В вариациях автора это 4×8 и 6×6 пикселей из 96 возможных. Тогда переключения по каналам могут распространяться вдоль горизонтальной или вертикальной осей ёлки. В математической модели для варианта 2 — это перебор элементов с одним порядковым номером в массивах или перебор элементов с изменением номера на единицу в массиве соответственно.

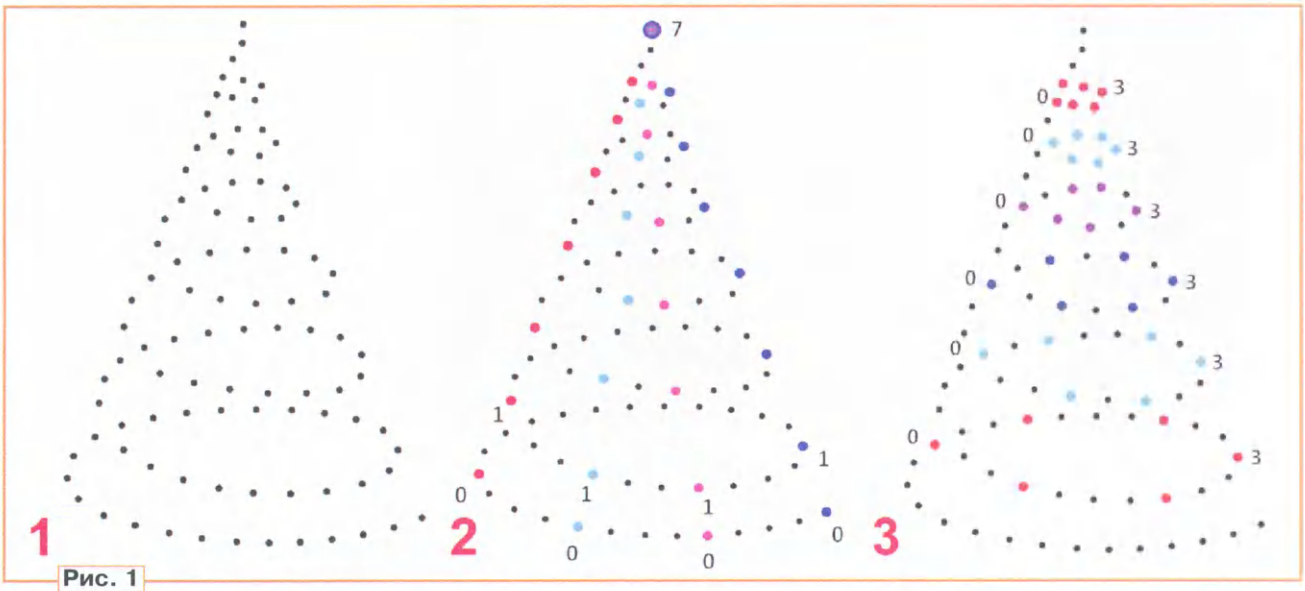


Рис. 1

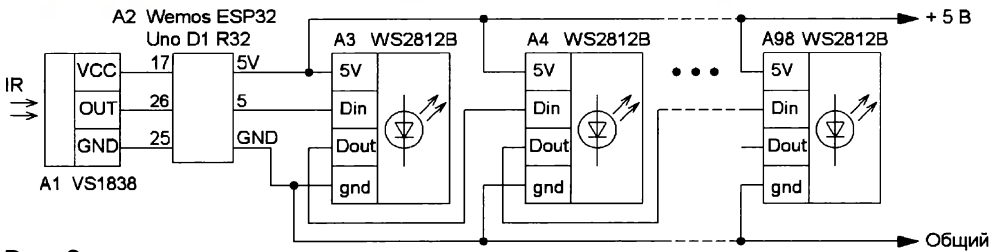


Рис. 2

Далее несколько слов об особенностях написания эффектов в скетче. Напомним, что в основной части loop(); работают всего два цикла — перебор данных для пикселей по номерам в ленте-гирлянде и по номерам кадров анимации. Число кадров совпадает с числом пикселей в ленте. Два счётчика перебора in и it, являются аргументами функции cvet_(ti,ni); по определению цвета текущего пикселя в кадре или всём эффекте. Ниже дана структура функции на примере одного эффекта

```
void cvet_ (int it,int in){
  switch (effekt) {
    case 0:
    R=0;G=0;B=0;
    break;
}
}
```

Собственно программа эффекта размещена между строками case N: и break;. Например, это строка R=0;G=0;B=0;. Что она означает? Вне зависимости от значений счётчиков компоненты цвета пикселя всегда равны 0. Ёлка на протяжении исполнения всего эффекта будет выключена. Теперь слегка изменим содержание эффекта:

```
R=0; G=10; B=0;
if(in==it) {R=2; G=14; B=0;}
```

Здесь все светодиоды будут светить зелёным, кроме номеров, совпадающих с номерами кадров. Иными словами, на зелёной ёлке в первом кадре оранжевым светит первый пиксель, на втором кадре — второй пиксель и т. д. Так создаётся эффект бегущего снизу вверх огонька. Применяя различные математические действия, устанавливая взаимосвязи между in, it, с одной стороны, и соответствия им R,G,B — с другой, в программе можно реализовать придуманные эффекты.

Следующим этапом модернизации стала количественная и

Рис. 5

качественная смена способов управления лентой. Для чего исходная схема была изменена (**рис. 2**). Применён другой модуль управления, взамен Arduino Uno использован Wemos ESP32 UNO D1 R32, а Li-Ion аккумулятор заменён ЗУ сотового телефона (стабилизированное напряжение — 5 В, максимальный ток — 1 А).

В опытах опробовано управление по ИК-каналу и голосовое с помощью самописного приложения для смартфона, а также вариант их совместного одновременного применения. Выбор модуля управления обусловлен наличием у него встроенного Bluetooth-канала связи и удобством при работе с ИК-приёмником. Подробнее этот вопрос изложен в [2]. Приложение для смартфона использовано без изменений из статьи [3].

Первый вариант скетча **ws2812b_ik_ESP32.ino** предусматривает управление только с помощью ИК-пульта. Проведя сравнительный тест на удобство применения среди имеющихся в доме пультов, был выбран пульт, показанный на ***рис. 3 на 3-й с. обложки***. Для управления было решено задействовать девять кнопок, назначив им следующие функции:

1 — переключение автоматического перебора эффектов на ручной и обратно;

2 — переход к номеру эффекта на единицу больше;

3 — переключение стоп-кадра и пуск-кадра (прекращение и возобновление обновления данных по цвету пикселей на ленте);

4 — уменьшение яркости свечения;

5 — переход к номеру эффекта на единицу меньше;

6 — цикличный перебор длительностей пауз при смене кадров анимации (скорость воспроизведения эффекта);

7 — цикличный перебор вариантов вывода на пиксель компонент цвета RGB, GRB;

8 — увеличение яркости свечения;

9 — выключение (переход на эффект номер ноль).

Вариант скетча **ws2812b_golos_ESP32.ino** реализует голосовое управление с помощью одиночных команд. Их содержание соответствует управлению с ИК-пульта и реакцию программы на них поясняет **таблица**. Слова желательно произносить чётко, с короткими паузами между ними во избежание ошибок при распознавании речи приложением.

Вариант скетча **ws2812b_golos_ik_ESP32.ino** позволяет управлять одновременно эффектами на ёлке с помощью ИК-пульта и голоса.

Такой вариант подачи отдельных команд эквивалентен нажатию последовательности кнопок при управлении от ИК-пульта. Однако гораздо интереснее и удобнее передавать через приложение сразу полное задание для ёлки, где будет содержаться информация о выбранном эффекте и количественные характеристики его исполнения. Вариант такого скетча — **ws2812b_golos_ik_ESP32_2.ino**. Например, голосовая фраза "Автомат нет, эффект десять, яркость четыре, пауза сто, цвет пять" сразу будет выполнена программой так: отключён режим автоматического перебора, произведён переход на исполнение эффекта номер десять (интервал номера эффекта — от 1 до 23), выставлена яркость четыре (интервал — от 1 до 10), время между переключениями кадров составит 100 мс (допустимый интервал — 30....210 мс), а последовательность компонент цвета из исходного RGB сменится на GRB (интервал 1—6).

Условный номер кнопки на пульте	Голосовая команда	Реакция программы
3	Стоп-кадр	Остановка обновления данных на ленте пикселей, фиксация текущего кадра
3	Пуск-кадр	Возобновление обновления данных на ленте пикселей, перебор кадров
1	Автомат да	Переход на автоматический перебор эффектов с интервалом 30 с
1	Автомат нет	Переход на ручной выбор эффектов
7	Цвет ноль	Выбор сочетания цветов в эффекте
7	Цвет один	Выбор сочетания цветов в эффекте
7	Цвет два	Выбор сочетания цветов в эффекте
7	Цвет три	Выбор сочетания цветов в эффекте
7	Цвет четыре	Выбор сочетания цветов в эффекте
7	Цвет пять	Выбор сочетания цветов в эффекте
4 или 8	Очень ярко	Установка максимальной яркости пикселей ленты в эффекте
4 или 8	Ярко	Установка промежуточной яркости пикселей ленты в эффекте
4 или 8	Темно	Установка промежуточной яркости пикселей ленты в эффекте
4 или 8	Очень темно	Установка минимальной яркости пикселей ленты в эффекте
6	Очень быстро	Максимальная скорость смены кадров
6	Быстро	Промежуточное значение скорости смены кадров
6	Медленно	Промежуточное значение скорости смены кадров
6	Очень медленно	Минимальная скорость смены кадров
9	Выключи	Отключение свечения пикселей ёлки
2 или 5	Один	Выбор и включения соответствующего номеру эффекта
2 или 5	Два	Выбор и включения соответствующего номеру эффекта
2 или 5	Три	Выбор и включения соответствующего номеру эффекта
2 или 5	Двадцать два	Выбор и включения соответствующего номеру эффекта
2 или 5	Двадцать три	Выбор и включения соответствующего номеру эффекта

На третьем этапе модернизации было решено закрыть плоскость гирлянды-ёлки светорассеивающими полупрозрачными фильтрами-экранами ***(рис. 4 на 3-й с. обложки)*** для получения различных визуализаций свечения гирлянды-ленты (**рис. 5**). Экран 1 (см. рис. 4) — лист молочного акрила толщиной 3 мм и размерами 420×590 мм. Экран 2 — самодельный, он изготовлен из отрезка-основы прозрачного поликарбоната толщиной 3 мм для теплицы. Поверх него с помощью полос скотча закреплены светорассеивающие пластины 3 от плафонов старых люминесцентных ламп. Пластины аккуратно отрезаны с помощью острого перочинного ножа. Автору показался интересным вариант использования монолитного поликарбоната 4 со светорассеивателем в форме призмы. При его использовании внешний вид ёлки меняется в зависимости от угла обзора (***рис. 6 на 3-й с. обложки***), добавляя ему объёма при больших углах.

При использовании экранов следует обратить внимание на расстояние между плоскостью пикселей ленты и плоскостью экранов. Автор подбирал их экспериментально в интервале от 0 до 20 мм, сообразно внешнему виду ёлки после светорассеивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Ёлка-гирлянда на светодиодах WS2812B. — Радио, 2024, № 11, с. 57—59.

2. **Мамичев Д.** Имитатор пламени на светодиодах WS2812B. — Радио, 2025, № 2, с. 60—62.

3. **Мамичев Д.** Макет-модуль электронной записки. — Радио, 2024, № 10, с. 57—62.

От редакции. *Файлы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу устройства, находятся по адресу* ***https://ftp.radio.ru/pub/2025/11/elka2.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Викторина

"Платы расширения Seeed Studio"

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Китайская фирма Seeed Studio (также известная как Seeed Technology) — крупный изготовитель оборудования с открытым исходным кодом, со штаб-квартирой в г. Шэньчжэнь и филиалами в США и Японии. Продукция фирмы — платы прототипирования электроники, устройства IoT, AI, а также всевозможные модули к ним.

Название Seeed необычное, с троекратным повторением буквы "e". Образовано от слова "seed" (зерно, источник, засевать) с дополнительной буквой "e", означающей "electronics" (электроника). Сделано это с целью узнаваемости бренда и логотипа.

История фирмы берёт начало в 2008 г. с выпуска совместимой с Arduino платы Seeeduino. В 2014 г. представлен Rephone — первый модульный телефон с открытым исходным кодом. В 2016—2018 гг. разработана экосистема открытого голосового интерфейса Respeaker. В 2020 г. выпущен компьютер с ИИ на базе Raspberry Pi5 под названием reComputer. В 2024 г. создана компактная модель ИИ, которая "понимает", что происходит под его наблюдением. Например, может фиксировать события и идентифицировать их по типу "собака играет с мячом".

Для радиолюбителей представляет интерес линейка унифицированных плат Seeed Studio платформы Grove (рус. "роща"). Начиная с 2010 г. разработано более 400 разновидностей модулей и датчиков Grove. Отличить их легко по нестандартной форме печатных плат, имеющих фигурные пазы и выступы с отверстиями для крепления.

Платы Grove разделяются на пять категорий:

— датчики окружающей среды (температура, свет, давление, качество воздуха);

— датчики движения (акселерометры, электронные компасы);

— беспроводные модули (Bluetooth, Wi-Fi, GPS, Lora, IR, радиотрансиверы);

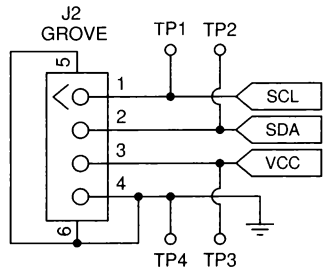
— модули пользовательского интерфейса (джойстики, светодиодные индикаторы, дисплеи, драйверы управления реле и двигателями);

— физические датчики (медицинские, PIR, цветность, химический состав).

Файлы электрических схем и разводки печатных плат Grove свободно доступны на сайте **https://wiki.seeedstudio.com** в разделе Quick Links Grove. Файлы представлены в форматах pdf и Eagle. В последнем случае их можно бесплатно посмотреть онлайн на сайте **https://www.altium.com/viewer/**.

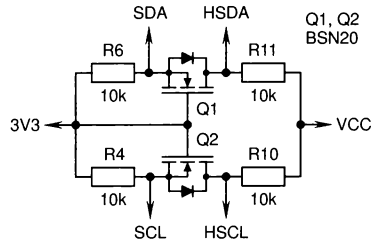
В **таблице** показаны фрагменты схем и фотографии внешнего вида плат Grove фирмы Seeed Studio. На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1 и записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 3713 или 3745, значит, все ответы правильные.

1 Grove - Multi Sensor (TMG39931)



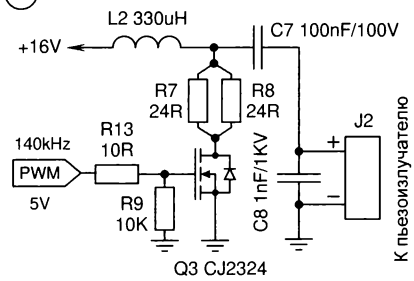
Для чего в разъёме J2 Grove контакты 5 и 6 соединяются с общим проводом?
0 - для экранирования сигналов;
1 - для механической прочности

2 Grove - 3-Axis Accelerometer



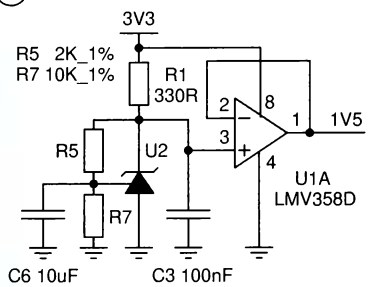
Какое напряжение VCC допускается в двухстороннем преобразователе уровней напряжения на транзисторах Q1, Q2?
0 - VCC < 10 В;
1 - VCC = 5...30 В

3 Grove - Water Atomization



Какое напряжение подаётся на разъём J2 в модуле Grove (распылитель воды)?
0 - постоянное напряжение;
1 - разнополярные импульсы

4 Grove - High Temperature Sensor

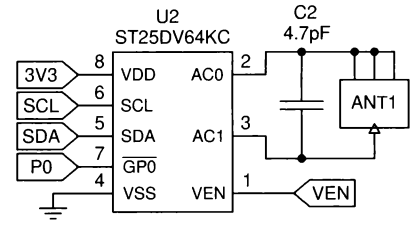


Какой трёхвыводной стабилитрон U2 нужно применить в данном узле?
0 - с опорным напряжением 1,25 В;
1 - с опорным напряжением 2,5 В

5 Grove - CO2 & Temperature & Humidity

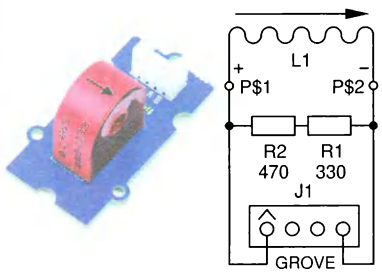
Для чего нужна плёнка на корпусе датчика SCD40-D-R2 (CO_2, температура, влажность)?
0 - это транспортная плёнка, которую нужно снимать в эксплуатации;
1 - это защитная мембрана, пропускающая воздух к чувствительному элементу

6 Grove - NFC (ST25DV64)



Какая индуктивность должна быть у внешней антенны ANT1, подключённой к выводам AC0, AC1 чипа U2 (транспондер NFC) при работе на частоте 13,56 МГц?
0 - около 4 мкГн;
1 - около 29 мкГн

7 Grove - Electricity Sensor

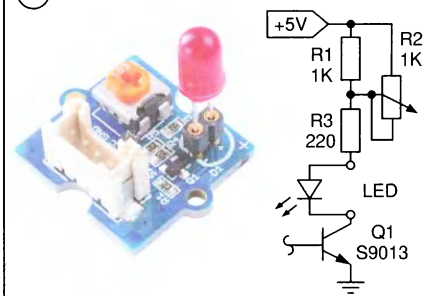


В каких сетях будет работать модуль Grove индуктивного датчика тока?
0 - в сетях переменного тока;
1 - в сетях постоянного и переменного токов

8 Grove - Smart IR Gesture Sensor

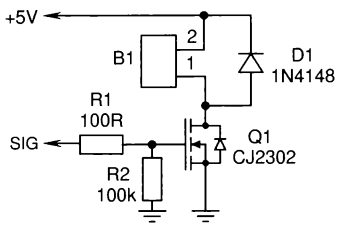
Имеет ли значение положение модуля распознавания жестов в пространстве?
0 - будет работать только в горизонтальном положении (как на рисунке);
1 - можно повернуть плату вертикально на 90 град влево или вправо

9 Grove - LED Socket Kit



В какой части платы представлено оригинальное, но редко встречающееся техническое решение?
0 - в правой части платы;
1 - в левой части платы

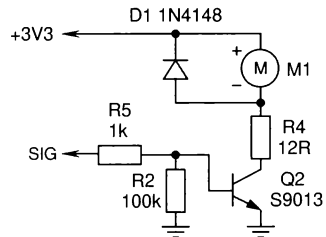
10 Grove - Electromagnet



B1 ZYE1-P20/15-DC6V 0.5A 25N

Будет ли изменяться сила притяжения электромагнита B1 при подаче на вход SIG сигнала ШИМ с разной скважностью?
0 - да;
1 - нет

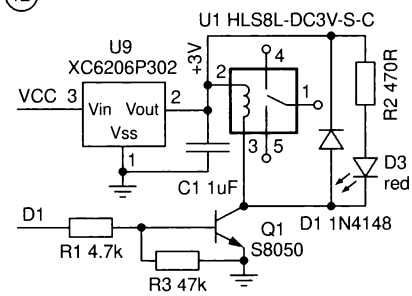
11 Grove - Vibrator Motor



M1 ANDA-B1020 (3V, 12500rpm)

С какой частотой будет вибрировать вибромотор M1 при входном напряжении 3 В в цепи SIG?
0 - примерно 200 Гц;
1 - примерно 400 Гц

12 Grove - Relay v1.2



Если подать на вход D1 сигнал лог. 1 от микросхемы CD4001B при общем питании VCC = 15 В,
0 - то реле U1 переключится;
1 - ситуация не определённая

Модернизация ёлки-гирлянды на светодиодах WS2812B

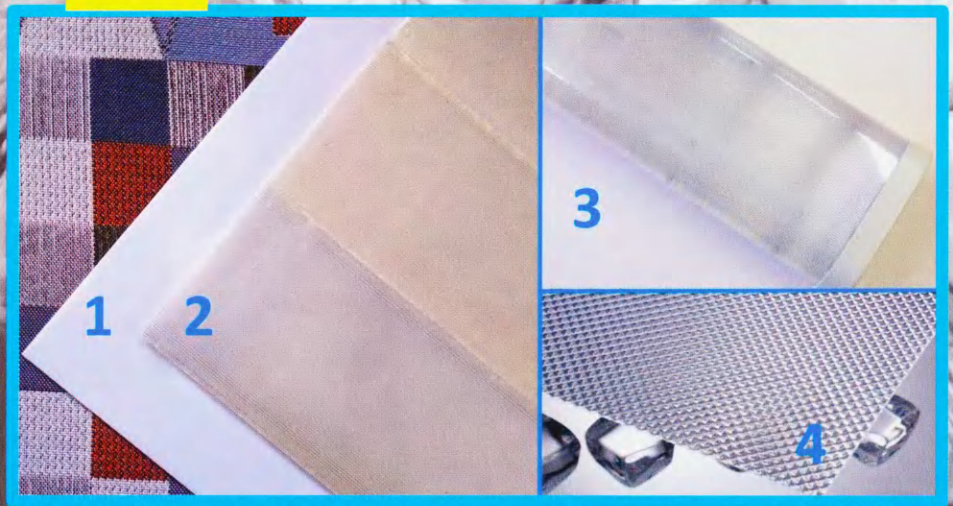
Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

(см. статью на с. 60)

Рис. 3

Рис. 6

Рис. 4



Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круголосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

Поддерживаемые ОС

ANDROID

Техподдержка компании «Доктор Веб»:
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:
https://www.drweb.ru/user/social

Сайты компании «Доктор Веб»:
https://антивирус.рф
https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97